(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

R

(19) 世界知的所有権機関 国際事務局



Cerr. US 7, 193, 361 B2

(43) 国際公開日 2004 年7 月15 日 (15.07.2004)

PCT

(10) 国際公開番号 WO 2004/060027 A1

(51) 国際特許分類7:

H05B 33/22, 33/14

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2002/013546

(22) 国際出願日:

2002年12月25日(25.12.2002)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士 通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県 川崎市 中原区上小田中4丁目1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 木下 正兒 (KI-NOSHITA,Masaru) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県 川崎

市中原区上小田中4丁目1番1号富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 板井 雄一郎 (ITAI,Yuichiro) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県 川崎市中原区上小田中4丁目1番1号富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 中山昌哉 (NAKAYAMA,Masaya) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 児玉淳(KODAMA,Jun) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号富士通株式会社内 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: 伊東 忠彦 (ITOH, Tadahiko); 〒150-6032 東京都 渋谷区 恵比寿4 丁目20番3号 恵比寿ガーデンプレイスタワー32階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): JP, KR, US.

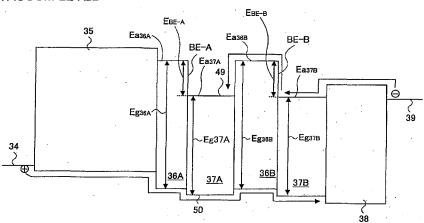
/続葉有/

(54) Title: ORGANIC ELECTROLUMINESCENCE ELEMENT AND ORGANIC ELECTROLUMINESCENCE DISPLAY

(54) 発明の名称: 有機エレクトロルミネッセンス素子及び有機エレクトロルミネッセンスディスプレイ

真空準位 ~

VACUUM LEVEL



(57) Abstract: An organic EL element includes an anode, a positive hole injection layer, a first carrier transportation layer, a first light emitting layer, a second carrier transportation layer, as econd light emitting layer, an electron transportation layer, and a cathode successively formed on a glass substrate. The first and the second carrier transportation layers have smaller electronic affinity Ea and a greater energy gap Eg than the first and the second light emitting layers, thereby improving the light emitting efficiency of the first and the second light emitting layers.

(57) 要約: 本発明は、ガラス基板上に、陽極と、正孔注入層と、第1のキャリア輸送層と、第1の発光層と、第2のキャリア輸送層と、第2の発光層と、電子輸送層と、陰極とを順次形成した有機EL素子において、第1, 第2のキャリア輸送層には、第1, 第2の発光層よりもそれぞれ電子親和力Eaが小さ

/続葉有/



WO 2004/060027 A1



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

- 国際調査報告書

明細書

有機エレクトロルミネッセンス素子及び有機エレクトロルミネッセンスディス プレイ

5

10

15

20

25

技術分野

本発明は有機エレクトロルミネッセンス素子及び有機エレクトロルミネッセンスディスプレイに係り、特に陽極と陰極の間に複数の発光層やキャリア輸送層を 形成した有機エレクトロルミネッセンス素子及び有機エレクトロルミネッセンス ディスプレイに関する。

背景技術

有機エレクトロルミネッセンス素子(以下、有機エレクトロルミネッセンス素子を「有機EL素子」と称する。)は、小型化が容易であって、消費電力が小さく、面発光が可能であり、液晶素子と比較して印加電圧を大幅に低減できるためフラットディスプレイ等の各種表示装置での利用が注目されており、次世代の発光素子として研究開発が行われている。

図1は、従来の有機EL素子の断面図を示したものである。図1に示すように、 従来の有機EL素子10は、透明なガラス基板11上に、透明なITO (Indium Tin Oxide)等からなる陽極12と、正孔輸送層13と、発光 層14と、電子輸送層15と、陰極16が順次積層された構成となっている。正 孔輸送層13は、発光層14に正孔を効率良く輸送し、正孔密度を増加させ、一 方電子輸送層15は、発光層14に電子を効率良く輸送し、空間電子密度を増加 させ、発光効率を高めている。また、発光層と発光層の間に電子をせき止めるた めの層を設けて、発光層での発光効率の向上を図る技術が提案されている。

図2は、図1に示す有機EL素子のエネルギーダイアグラムを示した図である。 有機EL素子10に電圧が印加されると、正孔22は陽極12から発光層へ向かって移動し、電子21は陰極16から発光層へ向かって移動する。電子21と正孔22が発光層14に到達すると、電子21と正孔22が再結合して放出された エネルギーによって、発光層14に含まれる有機蛍光体が励起され発光する。

ところで、図2に示すように、電子21及び正孔22の中には、発光層14で再結合することなく、陽極12へ運ばれる電子21や、陰極16に運ばれる正孔22が存在し、発光に寄与せずに消費されてしまうので、単位消費電流当たりの輝度、すなわち発光効率が低下してしまうという問題がある。

また、発光層で再結合しなかった電子や正孔が正孔輸送層13や電子輸送層1 5で再結合して、所望の色と異なる色を発光してしまうという問題がある。

発明の開示

25

10 そこで本発明は、上記問題点に鑑みなされたもので、発光に寄与しない電子及び正孔を低減し、発光層での電子と正孔の再結合を効率良く行い、発光効率に優れた有機エレクトロルミネッセンス素子及び有機エレクトロルミネッセンスディスプレイを提供することを概括的課題とする。

本発明のより具体的な課題は、互いに対向する陽極と陰極との間に形成された 複数の発光層と、前記発光層の陽極側に接するように形成されたキャリア輸送層 とを備えた有機エレクトロルミネッセンス素子であって、前記発光層の電子親和 カE a EML と前記キャリア輸送層の電子親和カE a OL1 との関係が、E a EML > E a OL1 である有機エレクトロルミネッセンス素子を提供することにある。

ここで、電子親和力は、発光層やキャリア輸送層の伝導レベル(伝導帯の下端 20 のエネルギー)と真空準位のエネルギー差であり、正の値で示される。

本発明によれば、発光層の陽極側に、発光層の電子親和力E a EMLより大きな電子親和力E a OL1を有するキャリア輸送層が形成されている。したがって、電子が発光層からキャリア輸送層へ向かう界面にエネルギー障壁が形成され、発光層に電子が蓄積され、空間電子密度が増加する。その結果、正孔と再結合する電子が増加して、発光層での発光効率を向上させることができる。

本発明の他の課題は、互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、前記発光層の陰極側に接するように形成されたキャリア輸送層とを備えた有機エレクトロルミネッセンス素子であって、前記発光層のイオン化ポテンシャル I p₀₁₂との関係が、

Ip_{EML}<Ip_{OL2}である有機エレクトロルミネッセンス素子を提供することにある。

ここで、イオン化ポテンシャルは、発光層やキャリア輸送層の価電子レベルと 真空準位のエネルギーの差であり、正の値で示される。

5 本発明によれば、発光層の陰極側に、発光層のイオン化ポテンシャル I p EML より大きなイオン化ポテンシャル I p OL2を有するキャリア輸送層が形成されている。したがって、正孔が発光層から陰極側のキャリア輸送層へ向かう界面にエネルギー障壁が形成され、発光層に正孔が蓄積されて正孔密度が増加する。その結果、電子と再結合する正孔が増加し、発光層での発光効率を向上させることができる。

本発明のその他の課題は、前記発光層のエネルギーギャップE g_{EML} と前記キャリア輸送層E g_{OL2} との関係が、E g_{EML} < E g_{OL2} である有機エレクトロルミネッセンス素子を提供することにある。

発光層の陰極側に、発光層のエネルギーギャップEg_{EML}より大きなエネルギーギャップEg_{OL2}を有するキャリア輸送層が形成されているので、発光層との界面付近のキャリア輸送層での正孔と電子の再結合が抑制され、発光層の発光効率を向上させることができる。

本発明のその他の課題は、互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数 の発光層と、前記発光層の陽極側に接するように形成されたキャリア輸送層とを 20 有する有機エレクトロルミネッセンス素子を備えた有機エレクトロルミネッセンスディスプレイであって、前記発光層の電子親和力E a EML と前記キャリア輸送 層の電子親和力E a OL1 との関係が、E a EML > E a OL1 であることを特徴とする 有機エレクトロルミネッセンスディスプレイを提供することにある。

本発明によれば、発光層の陽極側に、発光層の電子親和力E a EML より大きな 電子親和力E a OL1を有するキャリア輸送層が形成されているため、電子が発光 層からキャリア輸送層へ向かう界面にエネルギー障壁が形成され、発光層に電子 が蓄積されて、空間電子密度が増加し、正孔と再結合する電子が増加して、有機 エレクトロルミネッセンス素子の発光効率を向上させることができ、上記有機エレクトロルミネッセンス素子を有機エレクトロルミネッセンスディスプレイに形

成することで、有機エレクトロルミネッセンスディスプレイの視認性の向上及び 低消費電力化が可能である。

図面の簡単な説明

5 図1は、従来の有機EL素子の断面図を示した図である。

図2は、従来の有機EL素子のエネルギーダイアグラムを示した図である。

図3は、本発明の第1の実施の形態の有機EL素子の断面図ある。

図4は、第1の実施の形態の有機EL素子のエネルギーダイアグラムを示した 図である。

10 図5は、光吸収スペクトルの波長依存性を示した図である。

図6は、紫外線のエネルギーと光電子の放出数の平方根との関係を示した図である。

図7は、第1実施例に用いた層の電子親和力Ea、イオン化ポテンシャルIp 及びエネルギーギャップEgを示した図である。

15 図8は、第2及び第3実施例の有機EL素子の膜構成を示した図である。

図 9 は、電流密度が 5 0 m A / c m 2 における有機 E L 素子の発光輝度を示した図である。

図10は、本発明の第2の実施の形態の有機EL素子の断面図である。

図11は、第2の実施の形態の有機EL素子のエネルギーダイアグラムを示した図である。

図12は、第4実施例に用いた層の電子親和力Ea、イオン化ポテンシャルIp及びエネルギーギャップEgの関係を示した図である。

図13は、本発明の第3の実施の形態の有機エレクトロルミネッセンスディスプレイの概要構成を示した斜視図である。

25

20

発明を実施するための最良の形態

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。

(第1の実施の形態)

図3は、第1の実施の形態の有機EL素子の断面図である。図3に示すように、

有機EL素子30は、ガラス基板33上に、陽極34と、正孔注入層35と、第1のキャリア輸送層36Aと、第1の発光層37Aと、第2のキャリア輸送層36Bと、第2の発光層37Bと、電子輸送層38と、陰極39とが順次形成された構成となっている。第1,第2のキャリア輸送層36A,36Bは、第1,第2の発光層37A,37Bよりもそれぞれ電子親和力Eaが小さく、かつ、エネルギーギャップEgが大きい。

有機EL素子30は、10nm~1000nm程度の膜厚を有している。100nmよりも厚いと、発光層37A,37Bで発せられた光が遮蔽されてしまい10nmより薄いと発光層37A,37B自体の厚さが過度に薄くなり、発光輝度が不足してしまう。

陽極34と陰極39は、有機E L素子30の所望の位置に電圧を印加するための電極であり、陽極34は、例えば、I TOやI ZO(I n d i um Z i n c O x i d e) などを用いることができ、陰極39は、例えば、A 1/L i F 電極やA g/Mg 電極などを用いることができる。

15 正孔注入層35には、例えば、下記式(1)に示した2―TNATA(バンドー化学社製)や下記式(2)に示したmーMTDATA(バンドー化学社製)などを用いることができる。

25

10

第1,第2のキャリア輸送層36A,36Bは、電子、正孔の輸送能力の高い 材料により構成され、例えば、下記式(3)に示されるα-NPD(東洋インキ 15 社製)やEL-022(保土谷化学工業社製)などを用いることができる。第1, 第2のキャリア輸送層36A,36Bの膜厚は、1nm~100nmの範囲に設 定され、有機EL素子を構成する層の数と有機EL素子全体の厚さに応じて適宜 選択される。

25

第1,第2の発光層37A,37Bは、所望の発光色を発光するための材料、例えば有機蛍光体が含まれており、例えば、TYG-201(東洋インキ社製)や下記式(4)に示した Alq_3 (tris(8-hydroxyquinolio)aluminium)(東洋インキ社製)などを用いることができる。第1,

第2の発光層37A,37Bの膜厚は、1nm~100nmの範囲に設定され、 前記キャリア輸送層と同様に適宜厚さが選択される。

5

10

25

電子輸送層 38 は、電子の輸送能力の高い材料により構成され、例えば、TY E-704(東洋インキ社製)や上記式(4)に示した $A1q_3$ (東洋インキ社製)などを用いることができる。

15 上記有機E L 素子 3 0 の各層は、例えば、真空蒸着法により圧力を 1. 3 3 × 1 0⁻⁴ P a、ガラス基板 3 3 の温度を室温にして形成される。

図4は、第1の実施の形態の有機EL素子のエネルギーダイアグラムを示した 図である。図4中のEa、Eg、Ipは、それぞれ有機EL素子の各層の電子親 和力Ea、エネルギーギャップEg、イオン化ポテンシャルIpを示しており、

20 電子親和力Eaは伝導レベル49(伝導帯の下端のエネルギー)と真空準位のエネルギーとの差であり、エネルギーギャップEgは伝導レベル49と価電子レベル50(価電子帯の上端のエネルギー)のエネルギーとの差であり、イオン化ポテンシャルIpは価電子レベル50と真空準位とのエネルギーの差である。

図4に示すように、第1の発光層37Aの陽極34側に第1のキャリア輸送層36Aが形成され、第2の発光層37Bの陽極34側に第2のキャリア輸送層36Bを形成されており、第1の発光層37A、第2の発光層37B、第1のキャリア輸送層36A、第2のキャリア輸送層36Bの電子親和力をそれぞれ、Ea_{37A}、Ea_{37B}、Ea_{36A}、Ea_{36B}とし、第1の発光層37A、第2の発光層37B、第1のキャリア輸送層36Bのエネルギー

ギャップをそれぞれ、 Eg_{37A} 、 Eg_{37B} 、 Eg_{36A} 、 Eg_{36B} とすると、第1の発光層37Aと第1のキャリア輸送層36Aとの関係は、 Ea_{37A} > Ea_{36A} , Eg_{37A} < Eg_{36A} 、第2の発光層37Bと第2のキャリア輸送層36Bとの関係は、 Ea_{37B} > Ea_{36B} , Eg_{37B} < Eg_{36B} に設定されている。したがって、図4に示した有機EL素子は、第1のキャリア輸送層36A/第1の発光層37Aと、第2のキャリア輸送層36B/第2の発光層37Bとを有しており、キャリア輸送層/発光層からなる積層構造が2層形成されている。

電子の流れについて説明する。電子は、陰極39から陽極34に向かって電子 輸送層38を通り第2の発光層37Bに達する。ここで、電子は正孔と再結合す 10 るが、再結合しなかった電子は、第2の発光層37Bから陽極34側の第2のキャリア輸送層36Bに流れようとする。しかし、第2の発光層37Bと第2のキャリア輸送層36Bとの界面には、エネルギー障壁BE-Bが形成されている。エネルギー障壁BE-Bの高さE_{BE-B}は、第2のキャリア輸送層36Bの電子親和力Ea_{36B}と第2の発光層37Bの電子親和力Ea_{37B}との差、すなわちE_{BE-B} 15 _B=Ea_{37B}—Ea_{36B}である。Ea_{37B}>Ea_{36B}に設定されているのでE_{BE-B} >0である。したがって、電子は第2の発光層37Bに蓄積され、空間電子密度が増加するため第2の発光層37Bでの発光効率を向上することができる。さらに、エネルギー障壁BE-Bは、0.1eVより大きい方が好ましい。

また、第2の発光層37Bの空間電子密度が増加すると、第2のキャリア輸送20 層36Bの第2の発光層37Bとの界面においても、空間電子密度の増加により電子と正孔が再結合する確率が高まる。しかし、第2のキャリア輸送層36BのエネルギーギャップEg_{36B}は、第2の発光層37BのエネルギーギャップEg₃

次に、第2の発光層37Bで再結合せずに、陽極34側に流れる電子は上述した第2の発光層37Bでの電子の蓄積と同様に、第1の発光層においても蓄積される。すなわち、第1の発光層37Aと第1のキャリア輸送層36Aとの界面にはエネルギー障壁BEーAが形成されている。エネルギー障壁BEーAの高さEBE-Aは、第1のキャリア輸送層36Aの電子親和力Ea_{36A}と第1の発光層37Aの電子親和力Ea_{37A}一Ea_{36A}である。E

5. また、第1の発光層37Aと第1のキャリア輸送層36AのエネルギーギャップEg37A, Eg36Aも同様の関係を有するので、第1のキャリア輸送層36Aでの再結合が抑制される。

本実施の形態によれば、上述した有機EL素子は、キャリア輸送層/発光層からなる積層構造を2層形成しているため、キャリア輸送層と発光層の界面に2つのエネルギー障壁BE-B、BE-Aが形成され、エネルギー障壁BE-Bにより電子は第2の発光層37Bに蓄積され、正孔と再結合して第2の発光層37Bでの発光効率が向上すると共に、第2の発光層37Bで正孔と再結合せずに陽極34側に流れた電子は、エネルギー障壁BE-Aにより第1の発光層37Aに蓄積され、正孔と再結合するので第1の発光層37Aの発光効率も向上し、有機EL素子全体の発光効率を向上することができる。なお、キャリア輸送層/発光層からなる積層構造をさらに形成して、エネルギー障壁の数を増加させることにより、有機EL素子全体の発光効率を向上することができる。

[第1実施例]

第1実施例の有機E L素子30を以下のように形成した。ガラス基板33上に、 真空蒸着法により、陽極34にITO電極と、正孔注入層35に2-TNATA 層を膜厚50nmと、第1のキャリア輸送層36Aにα-NPD層を膜厚10nmと、第1の発光層37Aにノンドープ型の緑色発光するTYG-201層を膜厚20nmと、第2のキャリア輸送層36Bにα-NPD層を膜厚20nmと、第2の発光層37Bにノンドープ型の緑色発光するTYG-201層を膜厚20nmと、第2の発光層37Bにノンドープ型の緑色発光するTYG-201層を膜厚20nmと、電子輸送層38にTYE-704層を膜厚30nmと、陰極39にフッ化リチウム膜が膜厚0.5nmとA1膜が膜厚100nmからなるA1/LiF積層膜を順次形成した。

ここで、本発明を実施する上で重要なエネルギーギャップEgとイオン化ポテンシャルIpの測定方法について説明する。

10

15

エネルギーギャップEgは、上記有機EL素子30の形成方法と同様な方法を用いて有機EL素子30の各層を単独に形成した薄膜を、光吸収スペクトルが測定できる分光光度計装置、例えば、日立社製スペクトロフォトメーターU-4100を用いて大気中で紫外からの可視領域の光を薄膜に対して照射して測定した。図5は、光吸収スペクトルの波長依存性を示した図である。図5中の曲線Jは、測定結果である光吸収スペクトルを示している。なお、範囲Tは、光吸収スペク

測定結果である光吸収スペクトルを示している。なお、範囲Tは、光吸収スペクトルの強度が立ち上がり部のうち、曲線Jが直線になっている部分を示している。 範囲Uは、光吸収スペクトルの未吸収波長領域において、曲線Jが直線になっている部分を示している。直線Kは、範囲Tに示した曲線Jと重なるように引いた直線である。直線Lは、範囲Uに示した曲線Jと重なるように引いた直線である。

イオン化ポテンシャル I pは、エネルギーギャップE g の測定に用いた薄膜と 同様に形成された薄膜を用いて、大気雰囲気型紫外線光電子分析装置、例えば、 理研計器製AC-1を用いて大気中で紫外線を薄膜に対して照射して、放出される光電子の数を測定して、紫外線のエネルギーと光電子の放出数の平方根との関係から求められる。理研計器製AC-1の測定条件は、紫外線のエネルギー範囲が3.8~6.2 e V、紫外線の強度が20nWである。薄膜の膜厚は、50nmを用いた。

エネルギーギャップEgは、直線Kと直線Lとの交点Mから求められる。

図6は、紫外線のエネルギーと光電子の放出数の平方根との関係を示した図で ある。放出される光電子の数は紫外線のエネルギーの大きさに依存し、図6中に 示した範囲Nにおいては、紫外線のエネルギーが小さいため光電子は放出されないが、範囲Oにおいては、紫外線のエネルギーが十分に大きいため、光電子は真空準位よりも高いエネルギーの準位へ励起され、光電子が放出される。図6中に 示した直線Pは、紫外線のエネルギーが4.2 e V~5.3 e Vの間について最 小2乗法により引かれた近似直線を示している。直線Qは、紫外線のエネルギーが5.6 e V~5.9 e Vの間について最小2乗法により引かれた近似直線を示している。

直線Pと直線Qの交点Rは、光電子放出のしきい値エネルギーを示しており、 この光電子放出のしきい値エネルギーがイオン化ポテンシャルIpである。電子

親和力Ea は、イオン化ポテンシャルIpとエネルギーギャップEgとの差(Ea = Ip - Eg)により求められる。

図7は、第1実施例に用いた層の電子親和力Ea、イオン化ポテンシャルIp及びエネルギーギャップEgを示した図である。図7に示すように、第1及び第2のキャリア輸送層36A、36Bに用いた α -NPD層の電子親和力Eaは2.42eVであり、第1及び第2の発光層37A、37Bに用いたTYG-201層の電子親和力Eaは3.20eVである。 α -NPD層とTYG-201層の電子親和力Eaは3.20eVである。 α -NPD層とTYG-201層の電子親和力Eaの差により、第1の発光層37Aと第1のキャリア輸送層36Aの界面と、第2の発光層37Bと第2のキャリア輸送層36Bの界面に、それぞれ0.78eVの大きさのエネルギー障壁が形成された。

20 さらに、第1のキャリア輸送層36Aが形成されていない場合でも、正孔注入層35に用いた2-TNATA層の電子親和力Ea2.19eVは、第1の発光層37Aに用いたTYG-201層の電子親和力Ea3.20eVよりも大きいため、2-TNATA層とTYG-201層の間にエネルギー障壁が形成されるので、発光効率を向上させることができる。

25 [第2及び第3実施例]

図8は、第2及び第3実施例の有機EL素子の層構成を示した図である。

第2及び第3の実施例は、第1実施例において、第2の発光層37Bと陰極39との間に、さらにキャリア輸送層と発光層を積層したものである。第2実施例では第1実施例よりもさらに1組のキャリア輸送層と発光層を形成し、第3実施

20

25

例では第2実施例よりもさらに2組のキャリア輸送層と発光層を形成した。なお、 有機EL素子の全体の厚さにより各層の膜厚が決定されている。

第2及び第3実施例によれば、キャリア輸送層と発光層がさらに積層されているので、より多くの電子が正孔との再結合に寄与し、有機EL素子全体の発光効率を高めることができる。

[発光輝度の評価]

次に、第1,第2及び第3の実施例の有機EL素子の発光輝度の評価を行なった。本発明によらない比較例として、発光層が1層のみの有機EL素子を評価した。比較例の有機EL素子は、ガラス基板上に、真空蒸着法を用いて、陽極にITO電極と、正孔注入層に2-TNATA層を膜厚50nmと、正孔輸送層にαーNPD層を膜厚50nmと、発光層にノンドープ型の緑色発光するTYG-201層を膜厚20nmと、電子輸送層にTYE-704層を膜厚30nmと、A1/LiF電極とが順次形成された構成とした。真空蒸着装置内の圧力とガラス基板33の温度は、圧力が1.33×10⁻⁴Pa、ガラス基板の温度は室温とした。

次に、第1~第3実施例及び比較例の有機EL素子について、電流密度が50 mA/cm 2 における発光効率を調べた。

図 9 は、電流密度が $50 \, \text{mA/cm}^2$ における有機 $E \, \text{L素子の発光輝度を示した図である。図 9 に示すように、第 1 実施例の有機 <math>E \, \text{L素子が 3 8 0 0 c d/m}^2$ 、第 2 実施例の有機 $E \, \text{L素子が 3 9 0 0 c d/m}^2$ 、第 3 実施例の有機 $E \, \text{L素子が 3 9 0 0 c d/m}^2$ 、第 3 実施例の有機 $E \, \text{L素子が 3 1 0 0 c d/m}^2$ と比較して高い結果となった。

第1~第3実施例によれば、発光層とその陽極側に形成されたキャリア輸送層 との積層の組が多いほど発光輝度が高く、すなわち発光効率が高いことが分かっ た。

(第2の実施の形態)

図10は、第2の実施の形態の有機EL素子の断面図である。図10に示すように、有機EL素子40は、ガラス基板33上に、陽極34と、正孔注入層35と、正孔輸送層41と、第1の発光層37Aと、第1のキャリア輸送層42Aと、

15

第2の発光層37Bと、第2のキャリア輸送層42Bと、フッ化リチウム膜が膜厚0.5 nm及びA1膜が膜厚100nmからなる陰極39とを順次形成された構成となっている。第1,第2のキャリア輸送層42A,42Bは、第1,第2の発光層37A,37Bよりもイオン化ポテンシャルIpが大きく、かつ、エネルギーギャップEgが大きい。

第1,第2のキャリア輸送層42A,42Bは、電子、正孔の輸送能力の高い材料により構成され、例えば、TYE-704(東洋インキ社製)や $A1q_3$ (東洋インキ社製)などを用いることができる。第1,第2のキャリア輸送層42A,42Bの膜厚は、 $1nm\sim100nm$ の範囲に設定され、有機EL素子を構成する層の数と有機EL素子全体の厚さに応じて適宜選択される。

第1,第2の発光層37A,37Bは、所望の発光色を発光するための材料、例えば有機蛍光体が含まれており、例えば、TYG-201(東洋インキ社製)を用いることができる。第1,第2の発光層37A,37Bの膜厚は、1nm~100nmの範囲に設定され、前記キャリア輸送層と同様に適宜厚さが選択される。

上記有機EL素子40の各層は、例えば、真空蒸着法により圧力を1. 33×10^{-4} Pa、ガラス基板33温度を室温にして形成される。

図11は、第2の実施の形態の有機EL素子のエネルギーダイアグラムを示した図である。図11に示すように、第1発光層37Aの陰極39側に、第1のキャリア輸送層42Aが形成され、第2発光層37Bの陰極39側に、第2のキャリア輸送層42Bが形成されている。第1の発光層37A、第2の発光層37B、第1のキャリア輸送層42A、第2のキャリア輸送層42Bのイオン化ポテンシャルをそれぞれ、Ip_{37A}、Ip_{37B}、Ip_{42A}、Ip_{42B}とし、第1の発光層37A、第2の発光層37B、第1のキャリア輸送層42A、第2のキャリア輸送25層42Bのエネルギーギャップをそれぞれ、Eg_{37A}、Eg_{37B}、Eg_{42A}、Eg_{42B}とすると、第1の発光層37Aと第1のキャリア輸送層42Aとの関係は、Ip_{37A}<Ip_{42A}、Eg_{37A}<Eg_{42A}、第2の発光層37Bと第2のキャリア輸送層42Bとの関係は、Ip_{37A}<Ip_{42A}、Eg_{37A}<Eg_{42A}、第2の発光層37Bと第2のキャリア輸送層42Bとの関係は、Ip_{37B}<Ip_{42B}、Eg_{37B}<Eg_{42B}に設定されている。したがって、図11に示した有機EL素子は、第1の発光層37A/第1

25

のキャリア輸送層42Aと、第2の発光層37B/第2のキャリア輸送層42B とを有しており、発光層/キャリア輸送層からなる積層構造が2層形成されている。

正孔の流れについて説明する。正孔は、陽極34から陰極39に向かって正孔 注入層35と正孔輸送層41を通り第1の発光層37Aに達する。ここで、正孔 は電子と再結合するが、再結合しなかった正孔は、第1の発光層37Aから陰極39側の第1のキャリア輸送層42Aに流れようとする。しかし、第1の発光層37Aと第1のキャリア輸送層42Aとの界面には、エネルギー障壁BHーAが形成されている。エネルギー障壁BHーAの高さE_{BH-A}は、第1のキャリア輸送 7Aのイオン化ポテンシャルIp_{37A}との差、すなわちE_{BH-A}=Ip_{42A}—Ip_{37A}である。Ip_{42A} > Ip_{37A}に設定されているのでE_{BH-A}> 0である。したがって、正孔は第1の発光層37Aに蓄積され、正孔密度が増加するため第1の発光層37Aでの発光効率を向上することができる。さらに、エネルギー障壁BHーAは、0.1eVより大きい方が好ましい。

また、第1の発光層37Aの正孔密度が増加すると、第1のキャリア輸送層42Aの第1の発光層37Aとの界面においても、空間正孔密度の増加により正孔と電子が再結合する確率が高まる。しかし、第1のキャリア輸送層42AのエネルギーギャップEg_{42A}は、第1の発光層37AのエネルギーギャップEg_{37A}よりも大きいので、第1のキャリア輸送層42Aでの再結合が抑制される。

次に、第1の発光層37Aで再結合せずに、陰極39側に流れる正孔は上述した第1の発光層37Aでの正孔の蓄積と同様に、第2の発光層37Bにおいても蓄積される。すなわち、第2の発光層37Bと第1のキャリア輸送層42Bとの界面にはエネルギー障壁BH-Bが形成されている。エネルギー障壁BH-Bの高さ E_{BH-B} は、第2のキャリア輸送層42Bのイオン化ポテンシャル $I_{p_{42B}}$ と第2の発光層37Bのイオン化ポテンシャル $I_{p_{37B}}$ との差、すなわち E_{BH-B} = $I_{p_{42B}}$ — $I_{p_{37B}}$ である。 $I_{p_{42B}}$ > $I_{p_{37B}}$ に設定されているので E_{BH-B} > 0である。したがって、正孔は第2の発光層37Bに蓄積され、正孔密度が増加するため第2の発光層37Bでの発光効率を向上することができる。さらに、エネ

ルギー障壁BH-Bは、0.1eVより大きい方が好ましい。

また、第2の発光層37Bと第2のキャリア輸送層42BのエネルギーギャップE g_{37B} , E g_{42B} も同様の関係を有するので、第2のキャリア輸送層42Bでの再結合が抑制される。

5 本実施の形態によれば、上述した有機EL素子は、キャリア輸送層発光層からなる積層構造を2層形成しているため、キャリア輸送層/発光層の界面に2つのエネルギー障壁BH-B,BH-Aが形成され、エネルギー障壁BH-Aにより正孔は第1の発光層37Aに蓄積され、電子と再結合して第1の発光層42Aでの発光効率が向上すると共に、第1の発光層37Aで正孔と再結合せずに陰極39側に流れた正孔は、エネルギー障壁BH-Bにより第2の発光層37Bに蓄積され、電子と再結合するので第2の発光層37Bの発光効率も向上し、有機EL素子全体の発光効率を向上することができる。なお、キャリア輸送層/発光層からなる積層構造をさらに形成して、エネルギー障壁の数を増加させることにより、さらに有機EL素子全体の発光効率を向上することができる。

15 [第4実施例]

第4実施例の有機EL素子を以下のようにして作成した。ガラス基板33上に、真空蒸着法を用いて陽極34にITO電極と、正孔注入層35に2-TNATA層を膜厚50nmと、正孔輸送層41にα-NPD層を膜厚10nmと、第1の発光層37Aに第1のノンドープ型の緑色発光するTYG-201層を膜厚20nmと、第1のキャリア輸送層42AにTYE-704層を膜厚30nmと、第2の発光層37Bに第2のノンドープ型の緑色発光するTYG-201層を膜厚20nmと、第2の発光層37Bに第2のノンドープ型の緑色発光するTYG-201層を膜厚20nmと、第2のキャリア輸送層42BにTYE-704層を膜厚30nmと、陰極39にフッ化リチウム膜が膜厚0.5nmとA1膜が膜厚100nmからなるA1/LiF積層膜を順次形成した。

図12は、第4実施例に用いた層の電子親和力E a、イオン化ポテンシャルI p及びエネルギーギャップE g の関係を示した図である。なお、イオン化ポテンシャルI p及びエネルギーギャップE g の測定は実施例 1 に示した方法を用いて求めた。また、 α -NPDは図 7 に示したE a、E g、I pを有する。

図12に示すように、第1及び第2の発光層37A,37Bに用いたTYG-

201層のイオン化ポテンシャルIpは5.60eVであり、第1及び第2のキャリア輸送層に用いたTYE-704層のイオン化ポテンシャルIpは5.73eVである。TYE-704層とTYG-201層のイオン化ポテンシャルIpの差により、第1の発光層37Aと第1のキャリア輸送層42Aの界面と、第2の発光層37Bと第2のキャリア輸送層42Bの界面に、それぞれ0.13eVの大きさのエネルギー障壁が形成された。

エネルギー障壁により第1及び第2の発光層37A,37Bに用いたTYG-201層に正孔が蓄積されて正孔密度が増加し、電子と再結合する正孔が増加して、第1及び第2の発光層37A,37Bの発光効率を向上させることができる。 さらに、第1及び第2のキャリア輸送層42A,42Bに用いたTYE-704層のエネルギーギャップEg2.76eVは、第1及び第2の発光層37A,37Bに用いたTYG-201層のエネルギーギャップEg2.40eVよりも大きいため、第1及び第2の発光層37A,37Bでの正孔と電子の再結合する確率が増加し、第1及び第2の発光層37A,37Bに用いたTYG-201層の 発光効率を向上させることができる。

(第3の実施の形態)

図13は、本発明の第3の実施の形態の有機エレクトロルミネッセンスディスプレイ(有機ELディスプレイ)の概要構成を示した斜視図である。

図13に示すように、有機ELディスプレイ60は、ガラス基板33上に陰極2039であるA1/LiF電極と、陽極34であるITO電極とが直交するように形成され、その間に第1又は第2の実施の形態の有機EL素子を構成する積層体51が形成された構成となっている。有機ELディスプレイ60の発光は、発光させたい発光層の領域のITO電極とA1/LiF電極をそれぞれ指定して電圧を印加して行なう。有機ELディスプレイ60を上記構成としたことで、発光効25率を向上することができる。

以上、本発明の好ましい実施の形態について詳述したが、本発明はかかる特定の実施の形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲内に記載された本発明の記載範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

例えば、第1の実施の形態と第2の実施の形態を組み合わせることもできる。

産業上利用可能性

本発明によれば、発光層の陽極側に、発光層の電子親和力E a EML より大きな電子親和力E a OL1を有するキャリア輸送層を形成することにより、電子が発光 層からキャリア輸送層へ向かう界面にエネルギー障壁が形成され、発光層に電子が蓄積され、空間電子密度が増加するので、正孔と再結合する電子が増加して、発光層での発光効率を向上させることが可能となった。

請求の範囲

1. 互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、

前記発光層の陽極側に接するように形成されたキャリア輸送層とを備えた有機 5 エレクトロルミネッセンス素子であって、

前記発光層の電子親和力E a $_{EML}$ と前記キャリア輸送層の電子親和力E a $_{OL1}$ との関係が、E a $_{EML}$ > E a $_{OL1}$ であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子。

10 2. 前記発光層と、

前記発光層と接するように形成された前記キャリア輸送層との組が複数形成されていることを特徴とする請求項1に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

- 3. 前記キャリア輸送層の材料には、αNPDを用いることを特徴とする請 15 求項1に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。
 - 4. 前記発光層のエネルギーギャップ $E_{g_{EML}}$ と前記キャリア輸送層のエネルギーギャップ $E_{g_{OL1}}$ との関係が、 $E_{g_{EML}}$ < $E_{g_{OL1}}$ であることを特徴とする請求項1に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

20

5. 互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、

前記発光層の陰極側に接するように形成されたキャリア輸送層とを備えた有機 エレクトロルミネッセンス素子であって、

前記発光層のイオン化ポテンシャル I p_{EML} と前記キャリア輸送層のイオン化 25 ポテンシャル I p_{OL2} との関係が、I p_{EML} < I p_{OL2} であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子。

6. 前記発光層と、

前記発光層と接するように形成された前記キャリア輸送層との組が複数形成さ

れていることを特徴とする請求項5に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

7. 前記キャリア輸送層の材料は、Alq3を用いることを特徴とする請求 項5に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

5

- 8. 前記発光層のエネルギーギャップE g_{EML} と前記キャリア輸送層E g_{OL2} との関係が、E g_{EML} < E g_{OL2} であることを特徴とする請求項 5 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。
- 10 9. 互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、 前記発光層の陽極側に接するように形成された第1のキャリア輸送層と、 前記発光層の陰極側に接するように形成された第2のキャリア輸送層とを備え た有機エレクトロルミネッセンス素子であって、
- 前記発光層の電子親和力E a_{EML} と前記第1のキャリア輸送層の電子親和力E a_{OL1} との関係が、 $E a_{EML}$ > $E a_{OL1}$ であり、かつ、前記発光層のイオン化ポテンシャル $I p_{EML}$ と前記第2のキャリア輸送層のイオン化ポテンシャル $I p_{OL2}$ との関係が、 $I p_{EML}$ < $I p_{OL2}$ であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子。
- 20 10. 前記発光層と、

前記発光層と接するように形成された前記キャリア輸送層との組が複数形成されていることを特徴とする請求項9に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

- 11. 前記発光層のエネルギーギャップ $E_{g_{EML}}$ と、前記第1のキャリア輸25 送層のエネルギーギャップ $E_{g_{OL1}}$ と、前記第2のキャリア輸送層のエネルギーギャップ $E_{g_{OL2}}$ との関係が、 $E_{g_{EML}}$ < $E_{g_{OL1}}$, $E_{g_{EML}}$ < $E_{g_{OL2}}$ であることを特徴とする請求項9に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。
 - 12. 互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、

前記発光層の陽極側に接するように形成されたキャリア輸送層とを有する有機 エレクトロルミネッセンス素子を備えた有機エレクトロルミネッセンスディスプ レイであって、

前記発光層の電子親和力E a _{EML}と前記キャリア輸送層の電子親和力E a _{OL1} 5 との関係が、E a _{EML}>E a _{OL1}であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンスディスプレイ。

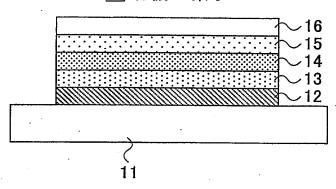
- 13. 互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、前記発光層の陽極側に接するように形成された第1のキャリア輸送層と、
- 10 前記発光層の陰極側に接するように形成された第2のキャリア輸送層とを有す る有機エレクトロルミネッセンス素子を備えた有機エレクトロルミネッセンスディスプレイであって、

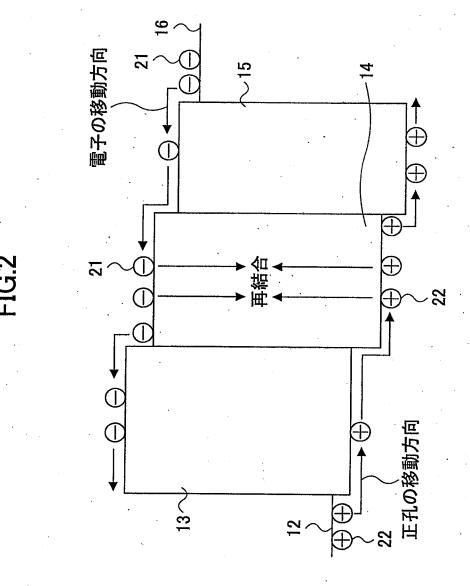
前記発光層の電子親和力E a_{EML} と前記第1のキャリア輸送層の電子親和力E a_{OL1} との関係が、 $E a_{EML}$ > $E a_{OL1}$ であり、かつ、前記発光層のイオン化ポテンシャル $I p_{EML}$ と前記第2のキャリア輸送層のイオン化ポテンシャル $I p_{OL2}$ との関係が、 $I p_{EML}$ < $I p_{OL2}$ であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンスディスプレイ。

1/11

FIG.1

<u>10</u> 有機EL素子

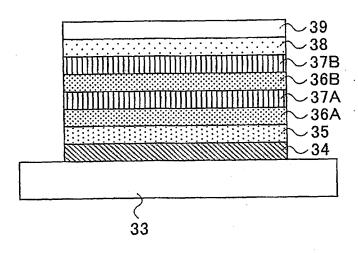


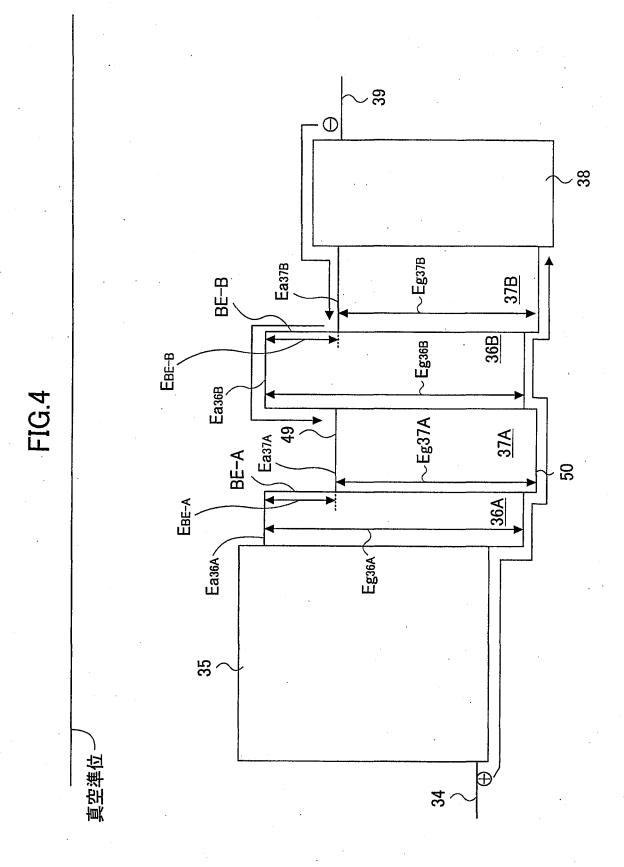


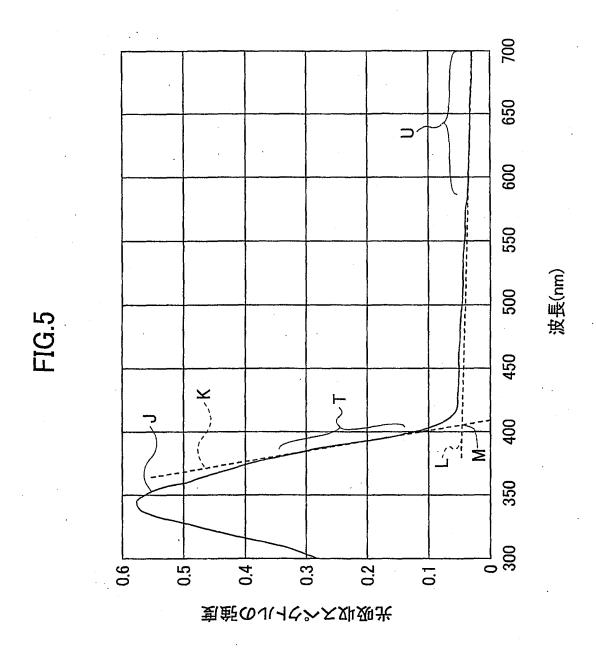
3/11

FIG.3

30 有機EL素子

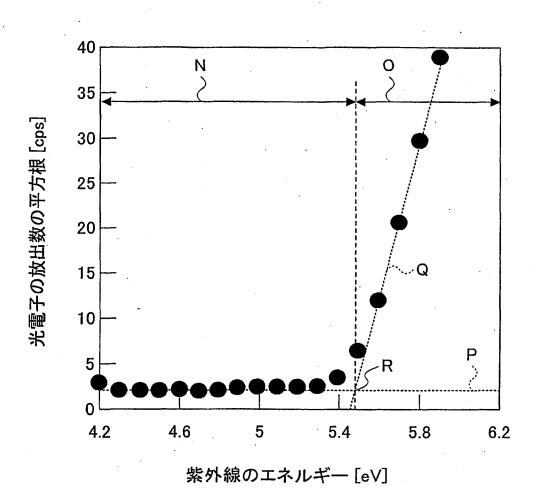






6/11

FIG.6



. 7/11

FIG.7

層の材料	電子親和力 Ea(eV)	エネルキ゛ーキ゛ャッフ゜ Eg(eV)	イオンイヒホ [°] テンシャル Ip(eV)
2-TNATA層	2.19	3.00	5.19
α-NPD層	2.42	3.04	5.46
TYG-201層	3.20	2.40	5.60

-IG.8

	1791-11	重	查
	A 本	第2実施例	第3実施例
陽極	OTI	150nm	150nm
正孔注入層	2-TNATA	50nm	50nm
第1のキャリア輸送層	α−NPD	10nm	10nm
第1の発光層	TYG-201	10nm	5nm
第200キャリア輸送層	α -NPD	10nm	5nm
第2の発光層	TYG-201	10nm	5nm
第3のキャリア輸送層	GdN− <i>∞</i>	10nm	5nm
第3の発光層	TYG-201	20nm	5იო
第4のキャリア輸送層	α –NPD		5nm
第4の発光層	TYG-201		5nm
第5のキャリア輸送層	α –NPD		5nm
第5の発光層	TYG-201		20nm
電子輸送層	TYE-704	30nm	30nm
哈斯	フッ化リチウム	0.5nm	0.5nm
조) 조	A	100nm	100nm

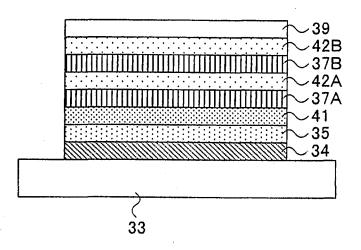
9/11

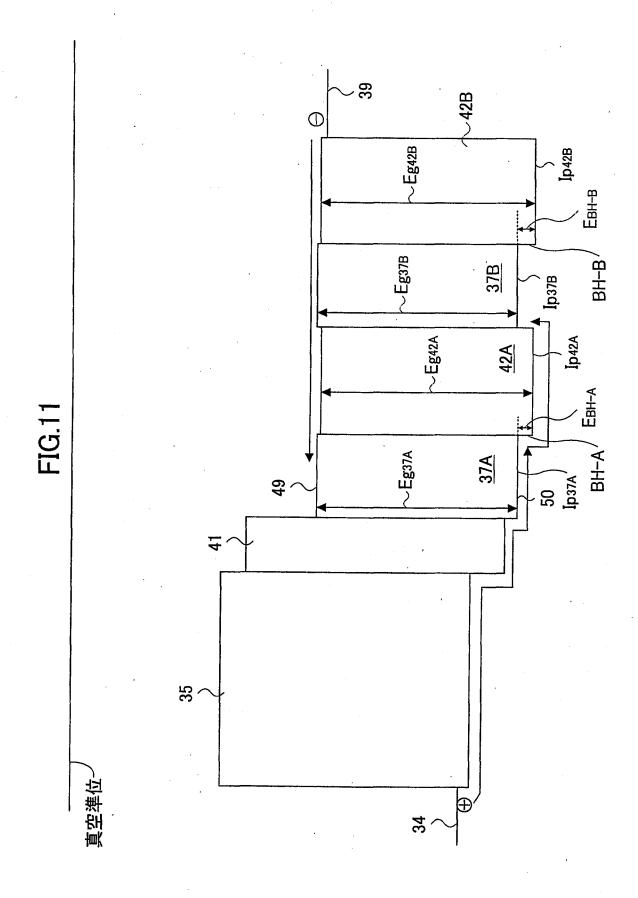
FIG.9

	緑色発光層の層数	発光輝度(cd/㎡)
第1実施例	2	3800
第2実施例	3	3900
第3実施例	5	4010
比較例	1	3100

FIG.10

<u>40</u> 有機EL素子





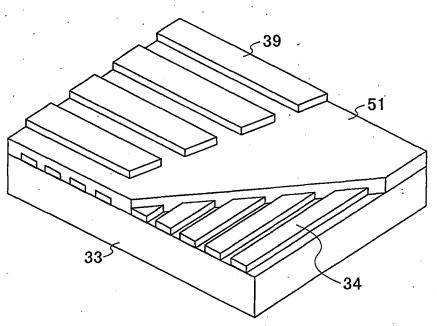
11/11

FIG.12

層の材料	電子親和力 Ea(eV)	エネルキ [*] ーキ [*] ャップ [°] Eg(eV)	イオン化ホ [°] テンシャル Ip(eV)
TYG-201層	3.20	2.40	5.60
TYE-704層	2.97	2.76	5.73

FIG.13

<u>60</u> 有機ELディスプレイ



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP02/13546

<u> </u>				
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ H05B33/22, H05B33/14				
INT.CI HUSB33/22, HUSB33/14				
According to International Patent Classification (IPC) or to be	both national classification and IPC			
B. FIELDS SEARCHED				
Minimum documentation searched (classification system foll Int.Cl ⁷ H05B33/00-33/28	lowed by classification symbols)			
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched				
Jitsuyo Shinan Koho 1922—1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996—2003 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971—2003 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994—2003				
Electronic data base consulted during the international search	h (name of data base and, where practicable, sea	arch terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category* Citation of document, with indication, wh	here appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
Y JP 6-36877 A (Toshiba Co.		1–13		
10 February, 1994 (10.02.	94),	.		
	Page 4, column 5, line 41 to column 6, line 39; page 6, column 10, line 14 to page 7, column 11,			
	page 6, column 10, line 14 to page 7, column 11, line 12; Figs. 7, 8, 12, 13			
& JP 5-326146 A 8	& JP 5-326146 A & EP 553950 A			
& US 5343050 A				
Y JP 5-326146 A (Toshiba Co	orp.),	1-13		
10 December, 1993 (10.12.	93),			
Claim 5; page 10, column				
page 28, column 54, line	26, column 50, line 49 to 14; Figs. 30 to 32			
& JP 6-36877 A 8	EP 553950 A	İ		
& US 5343050 A				
<u> </u>				
X Further documents are listed in the continuation of Box	x C. See patent family annex.			
* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the inte			
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	priority date and not in conflict with the understand the principle or theory und	erlying the invention		
"E" earlier document but published on or after the international filing "X" document of particular considered novel or ca		claimed invention cannot be red to involve an inventive		
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or whicited to establish the publication date of another citation or of	ich is step when the document is taken alone ther "Y" document of particular relevance; the	claimed invention cannot be		
special reason (as specified) considered to involve an inventive step when the document is		p when the document is		
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art				
means	combination being obvious to a persor			
means document published prior to the international filing date but la than the priority date claimed	combination being obvious to a persor ater "&" document member of the same patent	family		
means document published prior to the international filing date but la than the priority date claimed Date of the actual completion of the international search	combination being obvious to a persor document member of the same patent Date of mailing of the international sear	family ch report		
means document published prior to the international filing date but la than the priority date claimed	combination being obvious to a persor ater "&" document member of the same patent	family ch report		
means document published prior to the international filing date but la than the priority date claimed Date of the actual completion of the international search 04 February, 2003 (04.02.03)	combination being obvious to a persor document member of the same patent. Date of mailing of the international search 18 February, 2003	family ch report		
means document published prior to the international filing date but la than the priority date claimed Date of the actual completion of the international search	combination being obvious to a persor document member of the same patent Date of mailing of the international sear	family ch report		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP02/13546

ategory*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	
Y	JP 2000-30868 A (Sharp Corp.), 28 January, 2000 (28.01.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-13	
		•	
		per .	
	;		
		•	
:			
		•	

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))		
Int. Cl' H05B 33/22, H05B	33/14	
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))		
Int: C17 H05B 33/00-33/28		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996年		
日本国公開実用新案公報 1971-2003年		
日本国実用新案登録公報 1996-2003年 日本国登録実用新案公報 1994-2003年		
日本国登録美用新菜公報 1994-2003年		
国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、	調査に使用した用語)	
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の		関連する
カテゴリー* 引用文献名 及び一部の箇所が関連する。	ときは、その関連する箇所の表示	請求の範囲の番号
Y JP 6-36877 A (株式会社	社東芝)	1-13
1994. 02. 10,		
第4頁5欄41行一第4頁6欄39行,		
第6頁10欄14行-第7頁11欄12行,第	第7, 8図,第12、13図	
&JP 5-326146 A		
&EP 553950 A &US	5343050 A	
区欄の続きにも文献が列挙されている。	□ パテントファミリーに関する別	紙を参照。
* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献	
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示す	「T」国際出願日又は優先日後に公表る	された文献であって
5 0	出願と矛盾するものではなく、多	8明の原理又は理論
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日	の理解のために引用するもの	/#### 0 7 - 5% NO
以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行	「X」特に関連のある文献であって、当 の新規性又は進歩性がないと考え	
日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する	「Y」特に関連のある文献であって、当	
文献(理由を付す)	上の文献との、当業者にとって自	明である組合せに
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	よって進歩性がないと考えられる	らもの ・
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	「&」同一パテントファミリー文献 	
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日 18.02	2.03
04.02.03	. 0. 0	
国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官(権限のある職員)	3X 9529
日本国特許庁 (ISA/JP)	今関 雅子	71)
郵便番号100-8915		
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	電話番号 03-3581-1101	内線 3371

C(続き)	関連すると認められる文献	
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 5-326146 A(株式会社東芝) 1993.12.10, 請求項5,第10頁18欄27行-第13頁23欄12行, 第26頁50欄49行-第28頁54欄14行,第30図-第32図 &JP 6-36877 A &EP 553950 A &US 5343050 A	1-13
Y	JP 2000-30868 A (シャープ株式会社) 2000.01.28,全文,全図 (ファミリーなし)	1–13
·		
		e**

JP W02004/060027 A1 2004; 7, 15

Corr. To WO 2004/060027 A1

(19) 日本国特許厅(JP)

再 公 表 特 許(A1)

(11) 国際公開番号

WO2004/060027

発行日 平成18年5月11日 (2006.5.11)

(43) 国際公開日 平成16年7月15日 (2004.7.15)

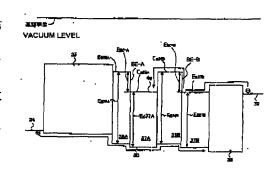
(51) Int. Cl.		F I			テーマコード (参考)
HO5B 33/12	(2006.01)	но 5 В	33/12	C	3K007
HO1L 51/50	(2006.01)	но5В	33/14	Α	
		но5В	33/22	В	
		HO5B	33/22	D	

		等查	博水 有	予備審	查請求 未	陽求 (全 33 頁)
出風番号 (21) 国際出願番号 (22) 国際出願日 (81) 指定国 ES, FI, FR, CB, GR, 1E, R, US	特顧2004-562852 (P2004-562852) PCT/JP2002/013546 平成14年12月25日 (2002.12.25) EP (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DB, DK, EE, !T, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), JP, K	(71) 出願人 (74) 代理人 (74) 代理人 (74) 代理人 (74) 代理人 (72) 発明者	主等 10007 1000 1000 1000 1000 1000 1000 10	下真フ 県 9049 年 19049 年 19025 本 19025 	和群開一	
						最終實に続く

(54) 【発明の名称】有機エレクトロルミネッセンス素子及び有機エレクトロルミネッセンスディスプレイ

(57) 【耍約】

本発明は、ガラス基板上に、陽極と、正孔注人層と、第 1のキャリア輸送層と、第1の発光層と、第2のキャリ ア輸送層と、第2の発光層と、電子輸送層と、陰極とを 順次形成した有機EL素子において、第1, 第2のキャ リア輸送層には、第1、第2の発光層よりもそれぞれ電 子親和力Eaが小さく、かつ、エネルギーギャップEg が大きい層を用いて、第1, 第2の発光層の発光効率を 向上させる。



10

20

30

40

(2) JP W02004/060027 A1 2004.7,15

【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、

前記発光層の陽極側に接するように形成されたキャリア輸送層とを備えた有機エレクトロルミネッセンス素子であって、

前記発光層の電子親和力 Ea_{EML} と前記キャリア輸送層の電子親和力 Ea_{OL} 」との関係が、 Ea_{EML} > Ea_{OL} であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項2】

前記発光層と、

前記発光層と接するように形成された前記キャリア輸送層との組が複数形成されていることを特徴とする請求項1に記載の有機エレクトロルミネッセンス案子。

【請求項3】

前記キャリア輸送層の材料には、αNPDを用いることを特徴とする請求項] に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項4】

前記発光層のエネルギーギャップEgeMLと前記キャリア輸送層のエネルギーギャップEgoL」であることを特徴とする請求項1に記載の有機エレクトロルミネッセンス案子。

【請求項5】

互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、

前記発光層の陰極側に接するように形成されたキャリア輸送層とを備えた有機エレクトロルミネッセンス素子であって、

前記発光層のイオン化ポテンシャルIp_{EML}と前記キャリア輸送層のイオン化ポテンシャルIp_{OL2}との関係が、Ip_{EML}<Ip_{OL2}であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項6】

前記発光層と、

前記発光層と接するように形成された前記キャリア輸送層との組が複数形成されていることを特徴とする請求項5に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項7】

前記キャリア輸送層の材料は、Alq。を用いることを特徴とする請求項5に記載の有機 エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項8】

前記発光層のエネルギーギャップ E_{E_ML} と前記キャリア輸送層 $E_{E_{O_L,2}}$ との関係が、 $E_{E_{E_ML}}$ く $E_{E_{O_L,2}}$ であることを特徴とする請求項 5 に記載の有機エレクトロルミネッセンス案子。

【請求項9】

互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、

前記発光層の陽極側に接するように形成された第1のキャリア輸送層と、

前記発光層の陰極側に接するように形成された第2のキャリア輸送層とを備えた有機エレクトロルミネッセンス素子であって、

前記後光層の電子親和力 Ea_{EML} と前記第1のキャリア輸送層の電子親和力 Ea_{OL} 」との関係が、 $Ea_{EML}>Ea_{OL}$ であり、かつ、前記発光層のイオン化ポテンシャル Ip_{EML} と前記第2のキャリア輸送層のイオン化ポテンシャル Ip_{OL} 2 との関係が、 $Ip_{EML}<1p_{OL}$ 2 であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項10】

前記発光層と、

前記発光層と接するように形成された前記キャリア輸送層との組が複数形成されていることを特徴とする請求項9に記載の有機エレクトロルミネッセンス案子。

50

(3) JP W02004/060027 A1 2004.7.15

【請求項11】

前記発光層のエネルギーギャップE_{gEML}と、前記第1のキャリア輸送層のエネルギーギャップEg_{oL1}と、前記第2のキャリア輸送層のエネルギーギャップEg_{oL2}との関係が、Eg_{EML}<Eg_{oL1}、Eg_{EML}<Eg_{oL2}であることを特徴とする請求項9に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項121

互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、

前記発光層の陽極側に接するように形成されたキャリア輸送層とを有する有機エレクトロルミネッセンス素子を備えた有機エレクトロルミネッセンスディスプレイであって、

前記発光層の電子観和力氏agм L と前記キャリア輸送層の電子親和力Eao L L との関係が、Eag M L >EaoL T であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンスディスプレイ。

【請求項13】

互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、

前記発光層の陽極側に接するように形成された第1のキャリア輸送層と、

前記発光層の陰極側に接するように形成された第2のキャリア輸送層とを有する有機エレクトロルミネッセンス素子を備えた有機エレクトロルミネッセンスディスプレイであって

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

本発明は有機エレクトロルミネッセンス素子及び有機エレクトロルミネッセンスディスプレイに係り、特に陽極と陰極の間に複数の発光層やキャリア輸送層を形成した有機エレクトロルミネッセンス素子及び有機エレクトロルミネッセンスディスプレイに関する。

【背景技術】

有機エレクトロルミネッセンス素子(以下、有機エレクトロルミネッセンス素子を「有機EL操了」と称する。)は、小型化が容易であって、消費電力が小さく、山発光が可能であり、液晶素子と比較して印加電圧を大幅に低減できるためフラットディスプレイ等の各種表示装置での利用が注目されており、次世代の発光素子として研究開発が行われている。

図1は、従来の有機EL素子の断面図を示したものである。図1に示すように、従来の有機E(素子10は、透明なガラス基板11上に、透明なITO(Indium Tin Oxide)等からなる陽極12と、正孔輸送層13と、発光層14と、電子輸送層15と、陰極16が順次積層された構成となっている。正孔輸送層13は、発光層14に正孔を効率良く輸送し、正孔密度を増加させ、一方電子輸送層15は、発光層14に電子を効率良く輸送し、空間電子密度を増加させ、発光効率を高めている。また、発光層と発光層の間に電子をせき止めるための層を設けて、発光層での発光効率の向上を図る技術が提案されている。

図2は、図1に示す有機EL素了のエネルギーダイアグラムを示した図である。有機EL素子10に電圧が印加されると、正孔22は陽極12から発光層へ向かって移動し、電子21は陰極16から発光層へ向かって移動する。電子21と正孔22が発光層14に到達すると、電子21と正孔22が再結合して放出されたエネルギーによって、発光層14に含まれる有機蛍光体が励起され発光する。

ところで、図2に示すように、電子21及び正孔22の中には、発光局14で再結合することなく、陽極12へ運ばれる電子21や、陰極16に選ばれる正孔22が存在し、発光に寄与せずに消費されてしまうので、単位消費電流当たりの輝度、すなわち発光効率が

JP W02004/060027 A1 2004, 7, 15

低下してしまうという問題がある。

また、発光層で再結合しなかった電子や正孔が正孔輸送層13や電子輸送層15で再結合して、所望の色と異なる色を発光してしまうという問題がある。

(4)

【発明の開示】

そこで本発明は、上記問題点に鑑みなされたもので、発光に寄与しない電子及び正孔を低減し、発光層での電子と正孔の再結合を効率良く行い、発光効率に優れた有機エレクトロルミネッセンスディスプレイを提供することを概括的課題とする。

本発明のより具体的な課題は、互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、前記発光層の陽極側に接するように形成されたキャリア輸送層とを備えた有機エレクトロルミネッセンス素子であって、前記発光層の電子親和力Ea_{RML}と前記キャリア輸送層の電子親和力Ea_{OLI}と前記キャリア輸送層の電子親和力Ea_{OLI}との関係が、Ea_{EML}>Ea_{OLI}である有機エレクトロルミネッセンス素子を提供することにある。

ここで、電子親和力は、発光層やキャリア輸送層の伝導レベル(伝導帯の下端のエネル ギー)と冥空準位のエネルギー差であり、正の値で示される。

本発明によれば、発光層の陽極側に、発光層の電子親和力Ea_{RMI}より大きな電子親和力Ea_{OII}を有するキャリア輸送層が形成されている。したがって、電子が発光層からキャリア輸送層へ向かう界面にエネルギー障壁が形成され、発光層に電子が蓄積され、空間電子密度が増加する。その結果、正孔と再結合する電子が増加して、発光層での発光効率を向上させることができる。

本発明の他の課題は、互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、前記発光層の陰極側に接するように形成されたキャリア輸送層とを備えた有機エレクトロルミネッセンス素子であって、前記発光層のイオン化ポテンシャルIpRMLと前記キャリア輸送層のイオン化ポテンシャルIpOL2との関係が、IpRML<IpOL2である有機エレクトロルミネッセンス素子を提供することにある。

ここで、イオン化ポテンシャルは、発光層やキャリア輸送層の価電子レベルと真空準位のエネルギーの差であり、正の値で示される。

本発明によれば、発光層の陰極側に、発光層のイオン化ポテンシャルIp_{m м I} より大きなイオン化ポテンシャルIp_{0 L 2} を有するキャリア輸送層が形成されている。したがって、正孔が発光層から陰極側のキャリア輸送層へ向かう界面にエネルギー隙壁が形成され、発光層に正孔が蓄積されて正孔密度が増加する。その結果、電子と再結合する正孔が増加し、発光層での発光効率を向上させることができる。

本発明のその他の課題は、前記発光層のエネルギーギャップEg_{EML}と前記キャリア輸送層Eg_{OL2}との関係が、Eg_{EML}<Eg_{OL2}である有機エレクトロルミネッセンス素子を提供することにある。

発光層の陰極側に、発光層のエネルギーギャップEg_{m M L} より大きなエネルギーギャップEg_{の L 2} を有するキャリア輸送層が形成されているので、発光層との界面付近のキャリア輸送層での正孔と電子の再結合が抑制され、発光層の発光効率を向上させることができる。

本発明のその他の課題は、互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、前記発光層の陽極側に接するように形成されたキャリア輸送層とを有する有機エレクトロルミネッセンスディスプレイであって、前記発光層の電子親和力Ea_{EML}と前記キャリア輸送層の電子親和力Ea_{CL1}との関係が、Ea_{EML}>Ea_{OL1}であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンスディスプレイを提供することにある。

本発明によれば、発光層の陽極側に、発光層の電子親和力Ea_{EM},より大きな電子親和力Ea_{OL}を有するキャリア輸送層が形成されているため、電子が発光層からキャリア輸送圏へ向かう界面にエネルギー障壁が形成され、発光層に電子が蓄積されて、空間電子密度が増加し、正孔と再結合する電子が増加して、有機エレクトロルミネッセンス素子の発光効率を向上させることができ、上記有機エレクトロルミネッセンス素子を有機エレ

10

20

30

40

50

10

20

30

40

(5) JP W02004/060027 A1 2004.7.15

クトロルミネッセンスディスプレイに形成することで、有機エレクトロルミネッセンスディスプレイの視認性の向上及び低消費電力化が可能である。

【図面の簡単な説明】

図1は、従来の有機EL素子の断面図を示した図である。

図2は、従来の有機EL素子のエネルギーダイアグラムを示した図である。

図3は、本発明の第1の実施の形態の有機EL素子の断面図ある。

図4は、第1の実施の形態の有機EL案子のエネルギーダイアグラムをがした図である

図5は、光吸収スペクトルの波長依存性を示した図である。

図6は、紫外線のエネルギーと光電子の放出数の平方根との関係を示した図である。

図7は、第1実施例に用いた層の電子親和力Ea、イオン化ポテンシャルIp及びエネルギーギャップEgを示した図である。

図8は、第2及び第3実施例の有機EL素子の膜構成を示した図である。

図 9 は、電流密度が 5 0 m A / c m ² における有機 E L 素子の発光輝度を示した図である。

図10は、本発明の第2の実施の形態の有機EL素子の断面図である。

図11は、第2の実施の形態の有機EL素子のエネルギーダイアグラムを示した図である。

図12は、第4実施例に用いた層の電子親和力Ea、イオン化ポテンシャルIp及びエネルギーギャップEgの関係を示した図である。

図 1 3 は、本発明の第3の実施の形態の有機エレクトロルミネッセンスディスプレイの 概要構成を示した斜視図である。

【発明を実施するための最良の形態】

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。

(第1の実施の形態)

図3は、第1の実施の形態の有機EL素子の断面図である。図3に示すように、有機EL素子30は、ガラス基板33上に、陽極34と、正孔注入層35と、第1のキャリア輸送層36Aと、第1の発光層37Aと、第2のキャリア輸送層36Bと、第2の発光層37Bと、電子輸送層38と、陰極39とが順次形成された構成となっている。第1, 第2のキャリア輸送層36A, 36Bは、第1, 第2の発光層37A, 37Bよりもそれぞれ電子規和力Eaが小さく、かつ、エネルギーギャップEgが大きい。

有機EL素子30は、10ヵm~1000ヵm程度の膜原を有している。1000ヵmよりも厚いと、発光層37A、37Bで発せられた光が遮蔽されてしまい10ヵmより薄いと発光層37A、37B自体の厚さが過度に薄くなり、発光輝度が不足してしまう。

陽極34と陰極39は、有機EL素子30の所望の位置に電圧を印加するための電極であり、陽極34は、例えば、ITOやIZO (Indium Zinc Oxide)などを用いることができ、陰極39は、例えば、Al/LiF電極やAg/Mg電極などを用いることができる。

正孔注入層35には、例えば、下記式(1)に示した2-TNATA(バンドー化学社製)や下記式(2)に示したm-MTDATA(バンドー化学社製)などを用いることができる。

(6) JP W02004/060027 A1 2004.7.15

第1,第2のキャリア輸送層36A,36Bは、電子、正孔の輸送能力の高い材料により構成され、例えば、下記式(3)に示されるα-NPD(東洋インキ社製)やEL-022(保土谷化学工業社製)などを用いることができる。第1,第2のキャリア輸送層36A,36Bの膜厚は、1nm~100nmの範囲に設定され、有機EL素子を構成する層の数と有機EL素子全体の厚さに応じて適宜選択される。

第1、第2の発光層37A、37Bは、所望の発光色を発光するための材料、例えば有機蛍光体が含まれており、例えば、TYG-201(東洋インキ社製)や下記式(4)に示したAlg。(tris(8-hydroxyguinolio)aluminium)(東洋インキ社製)などを用いることができる。第1、第2の発光層37A、37Bの 40 膜厚は、1nm~100nmの範囲に設定され、前記キャリア輸送層と同様に適宜厚さが選択される。

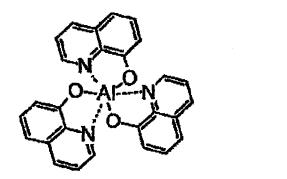
10

20

50

(7) JP W02004/060027 A1 2004.7.15

(4)



電子輸送層38は、電子の輸送能力の高い材料により構成され、例えば、TYE-70 4(東洋インキ社製)や上記式(4)に示したAlg₈(東洋インキ社製)などを用いることができる。

上記有機EL素子30の各層は、例えば、真空蒸着法により圧力を1.33×10^{~4} Pa、ガラス基板33の温度を楽温にして形成される。

図4は、第1の実施の形態の有機EL素子のエネルギーダイアグラムを示した図である。図4中のEa、Eg、Ipは、それぞれ有機EL素子の各層の電子親和力Ea、エネルギーギャップEg、イオン化ポテンシャルIpを示しており、電子親和力Eaは伝導レベル49(伝導帯の下端のエネルギー)と真空準位のエネルギーとの差であり、エネルギーギャップEgは伝導レベル49と価電子レベル50(価電子帯の上端のエネルギー)のエネルギーとの差であり、イオン化ポテンシャルIpは価電子レベル50と真空準位とのエネルギーの差である。

また、第2の発光層37Bの空間電子密度が増加すると、第2のキャリア輸送層36Bの第2の発光層37Bとの外面においても、空間電子密度の増加により電子と正孔が再結合する確率が高まる。しかし、第2のキャリア輸送層36BのエネルギーギャップEg。 8Bは、第2の発光層37BのエネルギーギャップEg_{37B}よりも大きいので、第2のキャリア輸送層36Bでの再結合が抑制される。

30

40

50

(8) JP W02004/060027 A1 2004.7.15

次に、第2の発光層 37Bで再結合せずに、陽極 34 側に流れる電子は上述した第2の発光層 37Bでの電子の蓄積と同様に、第1の発光層においても蓄積される。すなわち、第1の発光層 37Aと第1のキャリア輸送層 36Aとの界面にはエネルギー障壁 BE-Aが形成されている。エネルギー障壁 BE-Aの高さ E_{BE-A} は、第1のキャリア輸送層 36Aの電子親和力 E_{BE-A} と第1の発光層 37Aの電子親和力 E_{BE-A} との美、すなわち E_{BE-A} = E_{BB} =

また、第1の発光層 37A と第1のキャリア輸送層 36A のエネルギーギャップ E_{B_3} 7_A , E_{B_3} 6_A も同様の関係を有するので、第1のキャリア輸送層 36A での再結合が抑制される。

本実施の形態によれば、上述した有機EL素子は、キャリア輸送層/発光層からなる積層構造を2層形成しているため、キャリア輸送層と発光層の界面に2つのエネルギー障壁BE一Bにより電子は第2の発光層37Bに蓄積され、正孔と再結合して第2の発光層37Bでの発光効率が向しすると共に、第2の発光層37Bで正孔と再結合せずに陽極34側に流れた電子は、エネルギー障壁BE一Aにより第1の発光層37Aに蓄積され、正孔と再結合するので第1の発光層37Aの発光効率も向上し、有機EL素子全体の発光効率を向上することができる。なお、キャリア輸送局/発光層からなる積層構造をさらに形成して、エネルギー障壁の数を増加させることにより、有機EL素子全体の発光効率を向上することができる。

第1実施例の有機EL素子30を以下のように形成した。ガラス共板33上に、真空蒸着法により、陽極34にITO電極と、正孔注入層35に2-TNATA層を膜厚50mmと、第1のキャリア輸送層36Aにα-NPD層を膜厚10mmと、第1の発光層37Aにノンドープ型の緑色発光するTYG-201層を膜厚20mmと、第2のキャリア輸送層36Bにα-NPD層を膜厚20mmと、第2の発光層37Bにノンドープ型の緑色発光するTYG-201層を膜厚20mmと、第2の発光層38にTYE-704層を膜厚30mmと、陰極39にフッ化リチウム膜が膜厚0.5mmとA1膜が膜厚100mmからなるA1/LiF積層膜を順次形成した。

ここで、本発明を実施する上で重要なエネルギーギャップEgとイオン化ポテンシャル Ipの測定方法について説明する。

エネルギーギャップEgは、上記有機EL素子30の形成方法と同様な方法を用いて有機EL素子30の各層を単独に形成した薄膜を、光吸収スペクトルが測定できる分光光度計装置、例えば、日立社製スペクトロフォトメーターUー4100を用いて大気中で紫外からの可視領域の光を薄膜に対して照射して測定した。

図5は、光吸収スペクトルの波長依存性を示した図である。図5中の曲線了は、測定結果である光吸収スペクトルを示している。なお、範囲下は、光吸収スペクトルの強度が立ち上がり部のうち、曲線Jが直線になっている部分を示している。範囲Uは、光吸収スペクトルの未吸収波長領域において、曲線Jが直線になっている部分を示している。直線Kは、範囲Tに示した曲線Jと重なるように引いた直線である。直線Lは、範囲Uに示した曲線Jと重なるように引いた直線である。直線Lは、直線Kと直線Lとの交点Mから求められる。

イオン化ポテンシャル I p は、エネルギーギャップ E g の測定に用いた薄膜と同様に形成された薄膜を用いて、大気雰囲気型紫外線光電子分析装置、例えば、理研計器製A C ー 1 を用いて大気中で紫外線を薄膜に対して照射して、放出される光電子の数を測定して、紫外線のエネルギーと光電子の放出数の平方根との関係から求められる。選研計器製A C ー 1 の測定条件は、紫外線のエネルギー範囲が 3 . 8 ~ 6 . 2 c V 、紫外線の強度が 2 0 n Wである。薄膜の膜厚は、50 n m を用いた。

図6は、紫外線のエネルギーと光電子の放出数の平方根との関係を示した図である。放

(9) JP W02004/060027 A1 2004.7.15

出される光電子の数は紫外線のエネルギーの大きさに依存し、図6中に示した範囲Nにおいては、紫外線のエネルギーが小さいため光電子は放出されないが、範囲Oにおいては、紫外線のエネルギーが十分に大きいため、光電子は真空準位よりも高いエネルギーの準位へ励起され、光電子が放出される。図6中に示した直線Pは、紫外線のエネルギーが4、2eV~5.3eVの間について最小2乗法により引かれた近似直線を示している。直線Qは、紫外線のエネルギーが5.6eV~5.9eVの間について最小2乗法により引かれた近似直線を示している。

直線Pと直線Qの交点Rは、光電子放出のしきい値エネルギーを示しており、この光電子放出のしきい値エネルギーがイオン化ポテンシャルIpである。電子親和力Eaは、イオン化ポテンシャルIpとエネルギーギャップEgとの芝(EaニIpーEg)により求められる。

図7は、第1実施例に用いた層の電子親和力Ea、イオン化ポテンシャル1p及びエネルギーギャップEgを示した図である。図7に示すように、第1及び第2のキャリア輸送層36A,36Bに用いたα-NPD層の電子親和力Eaは2.42eVであり、第1及び第2の発光層37A,37Bに用いたTYG-201層の電子親和力Eaは3.20eVである。α-NPD層とTYG-201層の電子親和力Eaの差により、第1の発光層37Aと第1のキャリア輸送層36Aの界面と、第2の発光層37Bと第2のキャリア輸送層36Bの界面に、それぞれ0.78eVの大きさのエネルギー障壁が形成された。

エネルギー障壁により第1及び第2の発光層37A、37Bに用いたTYG-201層に電子が蓄積されて空間電子密度が増加し、正孔と再結合する電子が増加して、第1及び第2の発光層37A、37Bの発光効率を向上させることができる。また、第1及び第2のキャリア輸送層36A、36Bに用いたαーNPD層のエネルギーギャップEg3、04eVは、第1及び第2の発光層37A、37Bに用いたTYG-201層のエネルギーギャップEg2、40eVよりも大きいため、第1及び第2の発光層37A、37Bでの電子と正孔の再結合する確率が増加し、第1及び第2の発光層37A、37Bに用いたTYG-201層の発光効率を向上させることができる。

さらに、第1のキャリア輸送ド36Aが形成されていない場合でも、正孔注入階35に用いた2-TNATA層の電子親和力Ea2.19 eVは、第1の発光階37Aに用いたTYG-201層の電子親和力Ea3.20 eVよりも大きいため、2-TNATA層とTYG-201層の間にエネルギー障壁が形成されるので、発光効率を向上させることができる。

[第2及び第3実施例]

図8は、第2及び第3実施例の有機EL素子の層構成を示した図である。

第2及び第3の実施例は、第1実施例において、第2の発光層37Bと陰極39との間に、さらにキャリア輸送層と発光層を積層したものである。第2実施例では第1実施例よりもさらに1組のキャリア輸送層と発光層を形成し、第3実施例では第2実施例よりもさらに2組のキャリア輸送層と発光層を形成した。なお、有機EL素子の全体の厚さにより各層の膜厚が決定されている。

第2及び第3実施例によれば、キャリア輸送層と発光層がさらに積磨されているので、 より多くの電子が正孔との再結合に寄与し、有機EL素子全体の発光効率を高めることが 40 できる。

[発光輝度の評価]

次に、第1,第2及び第3の実施例の有機EL素子の発光輝度の評価を行なった。本発明によらない比較例として、発光層が1層のみの有機EL素子を評価した。比較例の有機EL素子は、ガラス基板上に、真空蒸着法を用いて、陽極にITO電極と、正孔注入層に2一TNATA層を膜厚50nmと、正孔輸送層にαーNPD層を膜厚50nmと、発光層にノンドープ型の緑色発光するTYG-201層を膜厚20nmと、電子輸送層にTYE-704層を膜厚30nmと、A1/LiF電極とが順次形成された構成とした。真空蒸着装置内の圧力とガラス基板33の温度は、圧力が1.33×10^{~4} Pa、ガラス基板の温度は室温とした。

10

30

(10)

JP W02004/060027 A1 2004.7.15

次に、第1~第3実施例及び比較例の有機EL素子について、電流密度が50mA/c m²における発光効率を調べた。

図9は、電流密度が50mA/cm²における有機EL素子の発光輝度を示した図であ る。図9に示すように、第1実施例の有機EL素子が3800cd/m~、第2実施例の 有機EL素子が3900cd/m²、第3実施例の有機EL素子が4010cd/m²で あり、比較例の有機EL素子の発光輝度が3100cd/m²と比較して高い結果となっ

第1~第3実施例によれば、発光層とその腸極側に形成されたキャリア輸送層との積層 の組が多いほど飛光輝度が高く、すなわち発光効率が高いことが分かった。

(第2の実施の形態)

図10は、第2の実施の形態の有機EL素子の断面図である。図10にポすように、有 機EL類子40は、ガラス基板33トに、陽極34と、正孔注入層35と、正孔輸送層4 1と、第1の発光層37Aと、第1のキャリア輸送層42Aと、第2の発光層37Bと、 第2のキャリア輸送層42Bと、フッ化リチウム膜が膜厚0、5nm及びA1膜が膜厚1 00nmからなる陰極39とを順次形成された構成となっている。第1,第2のキャリア 輸送層42A,42Bは、第1,第2の発光層37A,37Bよりもイオン化ポテンシャ ルIpが大きく、かつ、エネルギーギャップEgが大きい。

第1,第2のキャリア輸送層42A,42Bは、電子、正孔の輸送能力の高い材料によ り構成され、例えば、TYE-704(東洋インキ社製)やAlaa(東洋インキ社製) などを用いることができる。第1,第2のキャリア輸送層42A,42Bの膜厚は、1n m~100nmの範囲に設定され、有機EL繋子を構成する層の数と有機EL業子全体の 厚さに応じて適宜選択される。

第1,第2の発光層37A,37Bは、所望の発光色を発光するための材料、例えば有 機蛍光体が含まれており、例えば、TYG-201(東洋インキ社製)を用いることがで きる。 第1, 第2の発光層37A,37Bの膜厚は、1nm~100nmの範囲に設定さ れ、前記キャリア輸送層と同様に適宜厚さが選択される。

上記有機EL素ア40の各層は、例えば、真空蒸碧法により圧力を1.33×10^{−1} Pa、ガラス基板33温度を宝温にして形成される。

図11は、第2の実施の形態の有機EL素子のエネルギーダイアグラムを示した図であ る。図11に示すように、第1発光層37Aの陰極39側に,第1のキャリア輸送層42 Aが形成され、第2発光層37Bの陰極39側に、第2のキャリア輸送層42Bが形成さ れている。第1の発光層37A、第2の発光層37B、第1のキャリア輸送層42A、第 2のキャリア輸送層42Bのイオン化ポテンシャルをそれぞれ、Ιρ_{37Λ}、Ιρ_{37Β} 、 I p 」 2 A 、 I p 4 2 B とし、第 1 の発光層 3 7 A 、第 2 の発光層 3 7 B 、第 1 のキャ リア輪送屠42A、第2のキャリア輸送屠42Bのエネルギーギャップをそれぞれ、EB s 7 A 、 E g s 7 g 、 E g 4 z A 、 E g 4 z B とすると、第 1 の発光層 3 7 A と第 1 のキ ャリア輸送層42Aとの関係は、Ips_{7 A} <Ip_{42 A}, Egs_{7 A} <Eg_{42 A}、第 2の発光層37Bと第2のキャリア輸送層42Bとの関係は、Ip_{37B} Egs/a <Eg4 v a に設定されている。したがって、図11に示した有機EL素下は 、 第 1 の 発 光 層 3 7 A / 第 1 の キャリア 輸 送 層 4 2 A と 、 第 2 の 発 光 層 3 7 B / 第 2 の キ ャリア輸送層42Bとを有しており、発光層/キャリア輸送層からなる積層構造が2層形 成されている。

正孔の流れについて説明する。正孔は、陽極34から陰極39に向かって正孔注入層3 5と正孔輸送層41を通り第1の発光層37Aに達する。ここで、正孔は電子と再結合す るが、再結合しなかった正孔は、第1の発光層37Aから陰極39側の第1のキャリア輸 送層42Aに流れようとする。しかし、第1の発光層37Aと第1のキャリア輸送層42 Aとの界面には、エネルギー障壁BH-Aが形成されている。エネルギー障壁BH-Aの 高さきauiaは、第1のキャリア輸送層42Aのイオン化ポテンシャルIpa。^と第 1の発光層37Aのイオン化ポテンシャルIpg7Aとの差、すなわちERH-A=Ip 4 2 A - I p 3 7 A である。 I p 4 2 A > I p 3 7 A に設定されているので E B H - A > 10

20

30

(11) JP W02004/060027 A1 2004.7.15

Oである。したがって、正孔は第1の発光層37Aに蓄積され、正孔密度が増加するため 第1の発光層37Aでの発光効率を向上することができる。さらに、エネルギー障壁BⅡ - Aは、O、1eVより大きい方が好ましい。

また、第1の発光層37Aの正孔密度が増加すると、第1のキャリア輸送圏42Aの第1の発光層37Aとの界面においても、空間正孔密度の増加により正孔と電子が再結合する確率が高まる。しかし、第1のキャリア輸送層42AのエネルギーギャップEg42Aは、第1の発光層37AのエネルギーギャップEg37Aのキャリア輸送層42Aでの再結合が抑制される。

次に、第1の発光層37Aで町結合せずに、陰極39側に流れる正孔は上述した第1の発光層37Aでの正孔の蓄積と同様に、第2の発光層37Bにおいても蓄積される。すなわち、第2の発光層37Bと第1のキャリア輸送層42Bとの外面にはエネルギー障壁BH-Bが形成されている。エネルギー障壁BH-Bの高さEBn-n は、第2のキャリア輸送層42Bのイオン化ポテンシャルIp42Bと第2の発光層37Bのイオン化ポテンシャルIp42Bと第2の発光層37Bのイオン化ポテンシャル(p37Bとの茂、すなわちEHH-B=Ip42B-Ip37Bである。Ip42n>Ip37Bに設定されているのでEBH-B>0である。したがって、正孔は第2の発光間37Bに蓄積され、正孔密度が増加するため第2の発光層37Bでの発光効率を向上することができる。さらに、エネルギー障壁BH-Bは、0.1eVより大きい力が好ましい。

また、第2の発光層37Bと第2のキャリア輸送層42BのエネルギーギャップEg $_{7\,\,\mathrm{R}}$ 、 $_{11\,\,\mathrm{R}}$ も同様の関係を有するので、第2のキャリア輸送層42Bでの再結合が抑制される。

本実施の形態によれば、上述した有機EL素子は、キャリア輸送層発光層からなる積層構造を2層形成しているため、キャリア輸送層/発光層の界面に2つのエネルギー障壁BH-Aにより正孔は第1の発光層37Aに蓄積され、電子と再結合して第1の発光層42Aでの発光効率が向上すると共に、第1の発光層37Aで正孔と再結合せずに陰極39側に流れた正孔は、エネルギー障壁BH-Bにより第2の発光層37Bに蓄積され、電子と再結合するので第2の発光層37Bの発光効率も向上し、有機EL素子全体の発光効率を向上することができる。なお、キャリア輸送層/発光層からなる積層構造をさらに形成して、エネルギー障壁の数を増加させることが、さらに有機EL素子全体の発光効率を向上することができる。

[第4実施例]

図12は、第4実施例に用いた層の電子親和力Ea、イオン化ポテンシャルIp及びエネルギーギャップEgの関係を示した図である。なお、イオン化ポテンシャルIp及びエネルギーギャップEgの測定は実施例1に示した方法を用いて求めた。また、α-NPDは図7に示したEa、Eg、Ipを有する。

図12に示すように、第1及び第2の発光層37A,37Bに用いたTYG-201層のイオン化ポテンシャルIpは5.60eVであり、第1及び第2のキャリア輸送層に用いたTYE-704層のイオン化ポテンシャルIpは5.73eVである。TYE-704層とTYG-201層のイオン化ポテンシャルIpの差により、第1の発光層37Aと第1のキャリア輸送層42Aの界面と、第2の発光層37Bと第2のキャリア輸送層42Bの界面に、それぞれ0.13eVの大きさのエネルギー障壁が形成された。

エネルギー瞭壁により第1及び第2の発光層37A,37Bに用いたTYG-201層

(12)

JP W02004/060027 A1 2004.7.15

に正孔が蓄積されて正孔密度が増加し、電子と再結合する正孔が増加して、第1及び第2 の発光刷37A、37Bの発光効率を向上させることができる。さらに、第1及び第2の キャリア輸送層42A、42Bに用いたTYE-704層のエネルギーギャップEg2、 76eVは、第1及び第2の発光層37A,37Bに用いたTYG-201層のエネルギ ーギャップEg2、40cVよりも大きいため、第1及び第2の発光層37A,37Bで の正孔と電子の再結合する確率が増加し、第1及び第2の発光層37A、37Bに用いた TYG-201層の発光効率を向上させることができる。

(第3の実施の形態)

図13は、本発明の第3の実施の形態の有機エレクトロルミネッセンスディスプレイ(有機RLディスプレイ)の概要構成を示した斜視図である。

図13に示すように、有機ELディスプレイ60は、ガラス基板33上に除極39であ るA1/LiF電極と、陽極34であるITO電極とが直交するように形成され、その間 に第1乂は第2の夷施の形態の有機EL素子を構成する積層体51が形成された構成とな っている。有機ELディスプレイ60の発光は、発光させたい発光層の領域のITO電極 とAl/LiF電極をそれぞれ指定して電圧を印加して行なう。有機ELディスプレイ6 0を上記構成としたことで、発光効率を向上することができる。

以上、本発明の好ましい実施の形態について詳述したが、本発明はかかる特定の実施の 形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲内に記載された本発明の記載範囲内にお いて、種々の変形・変更が可能である。

例えば、第1の実施の形態と第2の実施の形態を組み合わせることもできる。 産業上利用可能性

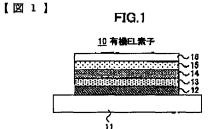
本発明によれば、発光層の陽極側に、発光層の電子親和力臣ammLより大きな電子親 和力Eaot1を有するキャリア輸送層を形成することにより、電子が発光層からキャリ ア輸送層へ向かう界面にエネルギー障壁が形成され、発光層に電子が蓄積され、空間電子 密度が増加するので、正孔と再結合する電子が増加して、発光層での発光効率を向上させ ることが可能となった。

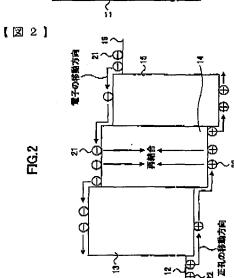
10

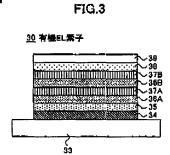
20

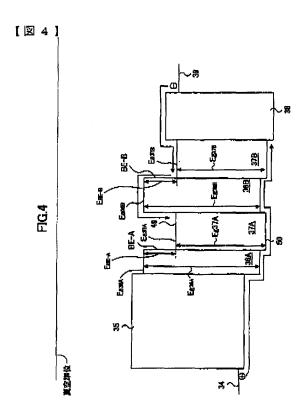
[図3]

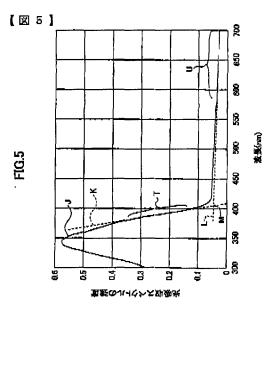
(13) JP W02004/060027 A1 2004.7.15





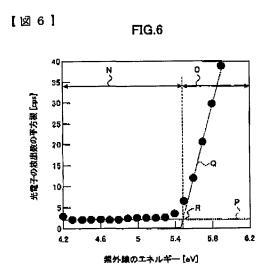






【図8】

(14) JP W02004/060027 A1 2004.7.15



第1の発光層 第2の针灯輸送層

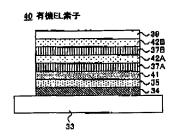
[図7] FIG.7

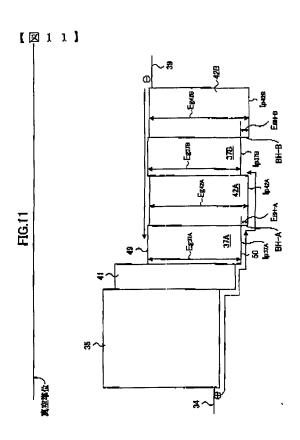
層の材料	電子報和力 Es(aV)	エネルキ [*] ーキ [*] ャッフ [*] Eg(oV)	イオン化本 デンシャル ip (eV)
2-TNATA	2,19	3.00	5.19
a-NPD唐	2.42	3.04	5.46
TYG-201層	3.20	2.40	5.80

【図9】 F1G.9

	緑色発光層の層数	発光輝度(ed/㎡)
第1契施例	2	3800
第2冥施例	3	3900
第3製施例	5	4010
比較例	1	3100

【図10】 FIG.10





(15)

JP W02004/060027 A1 2004.7.15

[**3** 1 2]

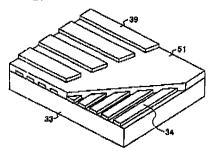
FIG.12

層の材料	電子類和力 Ea(eV)	エネルキ"ーキ"ャップ" Eg(eV)	イオンイヒキ。テンシャル Ip (eV)
TYG-201厘	3.20	2.40	5.60
TYE-704層	2.97	2.76	5.73

【図13】

FIG.13

60 有機氏ディスプレイ



【手続補正書】

【提出日】平成17年1月18日(2005.1.18)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全义

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

[0001]

本発明は有機エレクトロルミネッセンス素子及び有機エレクトロルミネッセンスディスプレイに係り、特に腸極と陰極の間に複数の発光層やキャリア輸送層を形成した有機エレクトロルミネッセンスディスプレイに関する。

【背景技術】

[0002]

有機エレクトロルミネッセンス素子(以下、有機エレクトロルミネッセンス紫子を「有機 E L 源子」と称する。)は、小型化が容易であって、消費電力が小さく、而発光が可能であり、液晶素子と比較して印加電圧を大幅に低減できるためフラットディスプレイ等の各種表示装置での利用が注目されており、次世代の発光素子として研究開発が行われている。

[0003]

図1は、従来の有機EL素子の断面図を示したものである。図1に示すように、従来の有機EL素子10は、透明なガラス基板11上に、透明なITO(Indium TinOxide)等からなる陽極12と、正孔輸送層13と、発光層14と、電子輸送層15と、陰極16が順次積層された構成となっている。正孔輸送層13は、発光層14に正

(16)

JP W02004/060027 A1 2004.7.15

孔を効率良く輸送し、正孔密度を増加させ、 方電子輸送層15は、発光層14に電子を 効率良く輸送し、空間電子密度を増加させ、発光効率を高めている。また、発光層と発光 層の間に電子をせき止めるための層を設けて、発光層での発光効率の向上を図る技術が提 案されている。

[0004]

図2は、図1に示す有機EL素子のエネルギーダイアグラムを示した図である。有機E し 素了 10に電圧が印加されると、正孔 22は陽極 12から発光層へ向かって移動し、電 ア21は陰極16から発光層へ向かって移動する。電子21と正孔22が発光層14に到 達すると、電子21と正孔22が再結合して放出されたエネルギーによって、発光層14 に含まれる有機蛍光体が励起され発光する。

[0005]

ところで、図2に示すように、電子21及び正孔22の中には、発光層14で再結合す ることなく、陽極12へ運ばれる電子21や、陰極16に運ばれる正孔22が存在し、発 光に寄りせずに消費されてしまうので、単位消費電流当たりの輝度、すなわち発光効率が 低下してしまうという問題がある。

[0006]

また、発光層で再結合しなかった電子や正孔が正孔輸送層13や電子輸送層15で用結 合して、所望の色と異なる色を発光してしまうという問題がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

[0007]

そこで本発明は、上記問題点に鑑みなされたもので、発光に寄与しない電子及び正孔を 低減し、発光層での電子と正孔の再結合を効率良く行い、発光効率に優れた有機エレクト ロルミネッセンス素子及び有機エレクトロルミネッセンスディスプレイを提供することを 概括的課題とする。

100081

本発明のより具体的な課題は、互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発 光層と、前記発光層の陽極側に接するように形成されたキャリア輸送層とを備えた有機エ レクトロルミネッセンス素子であって、前記発光層の電子親和力臣akмァと前記キャリ ア輸送層の電子親和力Eaoに」との関係が、Ea_{EML}>Eaoに」である有機エレク トロルミネッセンス素子を提供することにある。

[0009]

ここで、電子親和力は、発光層やキャリア輸送層の伝導レベル(伝導帯の下端のエネル ギー)と真空準位のエネルギー差であり、正の値で示される。

[0010]

本発明によれば、発光層の陽極側に、発光層の電子親和力Eakmょより小さな電子親 和力Eaotiを有するキャリア輸送層が形成されている。したがって、電子が発光層か らキャリア輸送層へ向かう界面にエネルギー障壁が形成され、発光層に電子が蓄積され、 空間電子密度が増加する。その結果、正孔と再結合する電子が増加して、発光層での発光 効率を向上させることができる。

[0011]

本発明の他の課題は、互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、 前記発光層の陰極側に接するように形成されたキャリア輸送層とを備えた有機エレクトロ ルミネッセンス案子であって、前記発光層のイオン化ポテンシャルIpgы こと前記キャ リア輸送層のイオン化ポテンシャルIpol2との関係が、Iprx╷<Ipolっであ る有機エレクトロルミネッセンス素子を提供することにある。

[0012]

ここで、イオン化ポテンシャルは、発光層やキャリア輸送層の価電子レベルと真空準位 のエネルギーの意であり、正の値で示される。

[0013]

→ Oblon P. O.

本発明によれば、発光層の陰極側に、発光層のイオン化ポテンシャル【pemlより大きなイオン化ポテンシャル【pol2を有するキャリア輸送層が形成されている。したがって、正孔が発光層から陰極側のキャリア輸送層へ向かう界側にエネルギー障壁が形成され、発光層に正孔が蓄積されて正孔密度が増加する。その結果、電子と再結合する正孔が増加し、発光層での発光効率を向上させることができる。

[0014]

本発明のその他の課題は、前記発光層のエネルギーギャップE $_{EML}$ と前記キャリア輸送圏 $_{Eg_{0L2}}$ との関係が、 $_{Eg_{EML}}$ < $_{Eg_{0L2}}$ である有機エレクトロルミネッセンス素子を提供することにある。

[0015]

発光層の陰極側に、発光層のエネルギーギャップEg_{EM1}より大きなエネルギーギャップE_{HOL2}を有するキャリア輸送層が形成されているので、発光層との界面付近のキャリア輸送層での正孔と電子の再結合が抑制され、発光層の発光効率を向上させることができる。

[0016]

本発明のその他の課題は、互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、前記発光層の陽極側に接するように形成されたキャリア輸送層とを有する有機エレクトロルミネッセンス素子を備えた有機エレクトロルミネッセンスディスプレイであって、前記発光層の電子親和力Eagև 」と前記キャリア輸送層の電子親和力Eagև 」との関係が、Eakm L>Eag L」であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンスディスプレイを提供することにある。

100171

本発明によれば、発光層の陽極側に、発光層の電子親和力Ea_{EM}1、より小さな電子親和力Ea_O_L1を有するキャリア輸送層が形成されているため、電子が発光層からキャリア輸送層へ向かう界面にエネルギー障壁が形成され、発光層に電子が蓄積されて、空間電子密度が増加し、正孔と再結合する電子が増加して、有機エレクトロルミネッセンス素子の発光効率を向上させることができ、上記有機エレクトロルミネッセンス素子を有機エレクトロルミネッセンスディスプレイの視認性の向上及び低消費電力化が可能である。

【図面の簡単な説明】

[81001

- 【図1】従来の有機EL素子の断面図を示した図である。
- 【図2】従来の有機EL素子のエネルギーダイアグラムを示した図である。
- 【図3】本発明の第1の実施の形態の有機EL素子の断面図ある。
- 【図4】第1の実施の形態の有機EL素子のエネルギーダイアグラムを示した図である。
- 【図 5 】光吸収スペクトルの波長依存性を示した図である。
- 【図6】紫外線のエネルギーと光電子の放出数の平力根との関係を示した図である。
- 【図7】第1実施例に用いた層の電子親和力Ea、イオン化ポテンシャルIp及びエネルギーギャップEgを示した図である。
- 【図8】 第2及び第3実施例の有機EL素子の膜構成を示した図である。
- 【図9】電流密度が50mA/cm²における有機EL素子の発光輝度を示した図である
- 【図10】本発明の第2の実施の形態の有機EL素子の断面図である。
- 【図11】第2の実施の形態の有機EL素子のエネルギーダイアグラムを示した図である
- 【図12】第4実施例に用いた層の電子観和力Ea、イオン化ポテンシャル「p及びエネルギーギャップEgの関係を示した図である。
- 【図13】本発明の第3の実施の形態の有機エレクトロルミネッセンスディスプレイの概 要構成を示した斜視図である。
- 【発明を実施するための最良の形態】

(18)

JP W02004/060027 A1 2004.7.15

[0019]

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。

[0020]

(第1の実施の形態)

図3は、第1の実施の形態の有機EL素子の断面図である。図3に示すように、有機E し素子30は、ガラス基板33上に、陽極34と、正孔注入層35と、第1のキャリア輸 送層36Aと、第1の発光層37Aと、第2のキャリア輸送層36Bと、第2の発光層3 7Bと、電子輸送層38と、陰極39とが順次形成された構成となっている。第1,第2 のキャリア輸送層36A、36Bは、第1、第2の発光層37A、37Bよりもそれぞれ 電子親和力Eaが小さく、かつ、エネルギーギャップEgが大きい。

[0021]

有機 D L 素子 3 0 は、 1 0 n m ~ 1 0 0 0 n m 程度の 膜厚を有している。 1 0 0 0 n m よりも尽いと、発光層37A,37Bで発せられた光が遮蔽されてしまい10nmより薄 いと発光層37A、37B自体の厚さが過度に薄くなり、発光輝度が不足してしまう。

[0022]

陽極34と陰極39は、有機EL紫子30の所望の位置に電圧を印加するための電極で あり、陽極34は、例えば、ITOやIZO(Indium Zinc Oxide)な どを用いることができ、陰極39は、例えば、A1/LiF電極やAR/Mg電極などを 用いることができる。

[0023]

正乳注入層35には、例えば、下記式(1)に示した2一TNATA(バンドー化学社 製)や下記式(2)に示したm-MTDATA(バンドー化学社製)などを用いることが できる。

[0024]

【化1】

[0025]

(19)

JP W02004/060027 A1 2004.7.15

[化2]

第1,第2のキャリア輸送層36A,36Bは、電子、正孔の輸送能力の高い材料によ り構成され、例えば、下記式(3)に示されるlpha-NPD(東洋インキ社製)やEL-D22 (保土谷化学工業社製) などを用いることができる。第1, 第2のキャリア輸送層3 6A, 36Bの膜厚は、1nm~100nmの範囲に設定され、有機EL素子を構成する 層の数と有機EL素子全体の厚さに応じて適宜選択される。

[0026]

【化3】

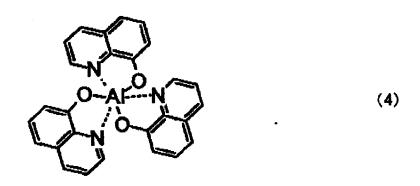
第1,第2の発光層37A,37Bは、所望の発光色を発光するための材料、例えば有 機蛍光体が含まれており、例えば、TYG-201(東洋インキ社製)や下記式(4)に 示したAlq3 (tris (8-hydroxyquinolio) aluminium) (東洋インキ社製) などを用いることができる。第1, 第2の発光層37A, 37Bの 膜厚は、1nm~100nmの範囲に設定され、前記キャリア輸送層と同様に適宜厚さが 選択される。

[0027]

(20)

JP W02004/060027 A1 2004.7.15

【化4】



電子輸送層38は、電子の輸送能力の高い材料により構成され、例えば、TYE一70 4 (東祚インキ社製)や上記式(4)に示したAlaa(東洋インキ社製)などを用いる ことができる。

[0028]

上記有機 E L 素子 3 0 の各層は、例えば、真空蒸若法により圧力を 1. 3 3 × 1 0 - 4 Pa、ガラス基板33の温度を宝温にして形成される。

[0029]

図4は、第1の実施の形態の有機EL素子のエネルギーダイアグラムを示した図である 、図4中のEa、Eg、Ipは、それぞれ有機EL素子の各層の電了親和力Ea、エネル ギーギャップEg、イオン化ポテンシャルIpを示しており、電子親和力Eεは伝導レベ ル49(伝導帯の下端のエネルギー)と真空準位のエネルギーとの差であり、エネルギー ギャップEgは伝導レベル49と価電子レベル50(価電子帯の上端のエネルギー)のユ ネルギーとの差であり、イオン化ポテンシャルIpは価電子レベル50と真空準位とのエ ネルギーの差である。

[0030]

図4に示すように、第1の発光層37Aの陽極34側に第1のキャリア輸送層36Aが 形成され、第2の発光層37Bの陽極34側に第2のキャリア輸送層36Bを形成されて おり、第1の発光層37A、第2の発光層37B、第1のキャリア輸送層36A、第2の キャリア輸送層36Bの電子親和力をそれぞれ、Easィカ、 Easィカ、 Eas6A、 E a a c B とし、第1の発光層37A、第2の発光層37B、第1のキャリア輸送層36 A、第2のキャリア輸送層36Bのエネルギーギャップをそれぞれ、Egョィム、Egョ 7 B 、 E B 3 6 A 、 E B 5 6 B とすると、第1の発光層37Aと第1のキャリア輸送層3 6 Aとの関係は、Ea_{37 A}>Ea_{36A}、Eg_{37 A}<Eg_{36A}、第2の発光層37 Bと第2のキャリア輸送層36Bとの関係は、Eag 7 B > Eag 6 B · Eg a 7 B < E ва в в に設定されている。したがって、図4に示した有機EL素子は、第1のキャリア 輸送層36A/第1の発光層37Aと、第2のキャリア輸送層36B/第2の発光層37 Bとを消しており、キャリア輸送層/発光層からなる積層構造が2層形成されている。

[0031]

電子の流れについて説明する。電子は、陰極39から陽極34に向かって電子輸送層3 8を通り第2の発光層37日に達する。ここで、電子は正孔と再結合するが、再結合しな かった電子は、第2の発光層37Bから陽極34側の第2のキャリア輸送層36Bに流れ ようとする。しかし、第2の発光層37Bと第2のキャリア輸送層36Bとの界面には、

JP W02004/060027 A1 2004.7.15 (21)

エネルギー障壁BE一Bが形成されている。エネルギー障壁BE一Bの高さEBELBは 、第2のキャリア輸送層36Bの電子親和力臣aaggkと第2の発光層37Bの電子親和 力 E a a ィ B との差、すなわち E B E L B E E B a a ィ B 一 E a a a B である。 E a a ィ B >Eagggに設定されているのでEagLs>0である。したがって、電子は第2の発 光層37Bに蓄積され、空間電子密度が増加するため第2の発光層37Bでの発光効率を 向上することができる。さらに、エネルギー障壁BE-Bは、0.1eVより大きい方が 好ましい。

[0032]

また、第2の発光層37Bの空間電子密度が増加すると、第2のキャリア輸送層36B の第2の発光層37Bとの界面においても、空間電子密度の増加により電子と正孔が再結 合する確率が高まる。しかし、第2のキャリア輸送層36BのエネルギーギャップEgョ g p は、第2の発光層37BのエネルギーギャップEg₃₇₈よりも大きいので、第2の キャリア輸送層36Bでの内結合が抑制される。

[0033]

次に、第2の発光層37Bで再結合せずに、陽極34側に流れる電子は上述した第2の 発光層37Bでの電子の蓄積と同様に、第1の発光層においても蓄積される。すなわち、 第1の発光層37Aと第1のキャリア輸送層36Aとの界面にはエネルギー除壁BE-A が形成されている。エネルギー摩壁BE-Aの高さEag-Aは、第1のキャリア輸送層 3 6 A の電子親和力 E a 3 6 A と第 1 の発光層 3 7 A の電子親和力 E a 3 7 A との差、す なわち EBE - A = Eag 7 A — Eag 6 A である。 Eag 7 A > Eag 6 A に設定され ているのでE_{Bで~ A} > Oである。したがって、電子は第1の発光層37Aに蓄積され、 空間電子密度が増加するため第1の発光層37Aでの発光効率を向上することができる。 なお、エネルギー障壁BE-Aは、0.1 e Vより大きい方が好ましい。

[0034]

また、第1の発光層37Aと第1のキャリア輸送層36AのエネルギーギャップEgs 7 A , E g s 6 A も同様の関係を有するので、第1のキャリア輸送層36 A での再結合が 抑削される。

[0035]

本実施の形態によれば、上述した有機EL素子は、キャリア輸送層/発光層からなる積 層構造を2層形成しているため、キャリア輸送層と発光層の界面に2つのエネルギー輝瞭 BE-B, BE-Aが形成され、エネルギー障壁BE-Bにより電子は第2の発光層37 B に蓄積され、正孔と再結合して第 2 の発光層 3 7 B での発光効率が向上すると共に、第 2の発光層37Bで正孔と再結合せずに陽極34側に流れた電子は、エネルギー障壁BE - Aにより第1の発光層37Aに蓄積され、正孔と再結合するので第1の発光層37Aの 発光効率も向上し、有機EL素子全体の発光効率を向上することができる。なお、キャリ ア輸送帰/発光層からなる積層構造をさらに形成して、エネルギー障壁の数を増加させる ことにより、有機EL素子全体の発光効率を向上することができる。

[第 1 実施例]

第1実施例の有機EL素子30を以下のように形成した。ガラス基板33上に、真空蒸 着法により、陽極34にITO電極と、正孔注入層35に2-TNATA層を膜厚50n m と、 第 1 の キャリア 輸送層 3 6 A に α - N P D 層 を 膜 厚 1 0 n m と 、 第 1 の 発 光 層 3 7 Aにノンドープ型の緑色発光するTYG-201層を膜厚20nmと、第2のキャリア輸 送層36BにαーNPD層を膜厚20nmと、第2の発光層37Bにノンドープ型の緑色 発光するTYG-201層を膜厚20nmと、電子輸送層38にTYE-704層を膜厚 30 n m と、陰極 3 9 にフッ化リチウム膜が膜厚 0 . 5 n m と A 1 膜が膜厚 1 0 0 n m か ちなるAl/LiF積層膜を順次形成した。

[0036]

ここで、本発明を実施する上で重要なエネルギーギャップEgとイオン化ポテンシャル I p の測定方法について説明する。

[0037]

(22)

JP W02004/060027 A1 2004.7.15

エネルギーギャップEgは、上記有機EL素チ30の形成方法と同様な方法を用いて有機EL素子30の各層を単独に形成した薄膜を、光吸収スペクトルが測定できる分光光度計装置、例えば、日立社製スベクトロフォトメーターU-4100を用いて大気中で紫外からの可視領域の光を薄膜に対して照射して測定した。

[0038]

図5は、光吸収スペクトルの波長依存性を示した図である。図5中の曲線 J は、測定結果である光吸収スペクトルを示している。なお、範囲 T は、光吸収スペクトルの強度が立ち上がり部のうち、曲線 J が直線になっている部分を示している。範囲 U は、光吸収スペクトルの未吸収波長領域において、曲線 J が直線になっている部分を示している。直線 K は、範囲 T に示した曲線 J と重なるように引いた直線である。直線 L は、範囲 U に示した曲線 J と重なるように引いた直線である。エネルギーギャップ E g は、直線 K と直線 L との交点 M から求められる。

[0039]

イオン化ポテンシャル(pは、エネルギーギャップEgの測定に用いた薄膜と同様に形成された薄膜を用いて、大気雰囲気型紫外線光電子分析装置、例えば、理研計器製AC-1を用いて大気中で紫外線を薄膜に対して照射して、放出される光電子の数を測定して、紫外線のエネルギーと光電子の放出数の平方根との関係から求められる。理研計器製AC-1の測定条件は、紫外線のエネルギー範囲が3.8~6.2 eV、紫外線の強度が20nWである。薄膜の膜厚は、50nmを用いた。

[0040]

図6は、紫外線のエネルギーと光電子の放出数の平方根との関係を示した図である。放出される光電子の数は紫外線のエネルギーの大きさに依存し、図6中に示した範囲Nにおいては、紫外線のエネルギーが小さいため光電子は放出されないが、範囲Oにおいては、紫外線のエネルギーが十分に大きいため、光電子は真空準位よりも高いエネルギーの準位へ励起され、光電子が放出される。図6中に示した直線Pは、紫外線のエネルギーが4.2eV~5.3eVの間について最小2乗法により引かれた近似直線を示している。直線Qは、紫外線のエネルギーが5.6eV~5.9eVの間について最小2乗法により引かれた近似直線を示している。

[0041]

直線Pと直線Qの交点Rは、光電子放出のしきい値エネルギーを示しており、この光電子放出のしきい値エネルギーがイオン化ポテンシャルIpである。電子親和力Eaは、イオン化ポテンシャルIpとエネルギーギャップEgとの差(Ea=Ip—Eg)により求められる。

[0042]

図7は、第1実施例に用いた層の電子親和力Ea、イオン化ポテンシャル1p及びエネルギーギャップEgを示した図である。図7に示すように、第1及び第2のキャリア輸送層36A、36Bに用いたα-NPD層の電子親和力Eaは2、42eVであり、第1及び第2の発光層37A、37Bに用いたTYG-201層の電子親和力Eaは3、20eVである。α-NPD屬とTYG-201層の電子親和力Eaの差により、第1の発光層37Aと第1のキャリア輸送層36Bの界面に、それぞれ0、78eVの大きさのエネルギー障壁が形成された。

[0043]

エネルギー障壁により第1及び第2の発光層37A、37Bに用いたTYG-201層に電子が蓄積されて空間電子密度が増加し、正孔と再結合する電子が増加して、第1及び第2の発光層37A、37Bの発光効率を向上させることができる。また、第1及び第2のキャリア輸送層36A、36Bに用いたα一NPD層のエネルギーギャップEg3.04eVは、第1及び第2の発光層37A、37Bに用いたTYG-201層のエネルギーギャップEg2.40eVよりも大きいため、第1及び第2の発光層37A、37Bでの電子と正孔の再結合する確率が増加し、第1及び第2の発光層37A、37Bに用いたTYG-201層の発光効率を向上させることができる。

JP W02004/060027 A1 2004.7.15 (23)

[0044]

さらに、第1のキャリア輸送層36Aが形成されていない場合でも、正孔注入層35に 用いた2-TNATA層の電子親和力Ea2.19eVは、第1の発光層37Aに用いた TYG-201層の電子親和力Ea3.20gVよりも小さいため、2-TNATA層と TYG--201層の間にエネルギー障壁が形成されるので、発光効率を向上させることが できる。

[第2及び第3実施例]

図8は、第2及び第3実施例の有機EL素子の盾構成を示した図である。

[0045]

第2及び第3の実施例は、第1実施例において、第2の発光層37Bと陰極39との問 に、さらにキャリア輸送層と発光層を積層したものである。第2実施例では第1実施例よ りもさらに1組のキャリア輸送層と発光層を形成し、第3実施例では第2実施例よりもさ らに2組のキャリア輸送層と発光層を形成した。なお、有機EL素子の全体の厚さにより 各層の膜厚が決定されている。

[0046]

第2及び第3実施例によれば、キャリア輸送層と発光層がさらに積層されているので、 より多くの電子が正孔との用結合に寄与し、有機EL素子全体の発光効率を高めることが できる。

[発光輝度の評価]

次に、第1,第2及び第3の実施例の有機EL素子の発光輝度の評価を行なった。本発 明によらない比較例として、発光層が1層のみの有機EL素子を評価した。比較例の有機 E L 素子は、ガラス基板上に、真空蒸着法を用いて、陽極に I T O 電極と、正孔注入層に 2 - TNATA層を膜厚 5 0 n m と、正孔輸送層にα - N P D 層を膜厚 5 0 n m と、発光 層にノンドープ型の緑色発光するTYG-201層を膜厚20nmと、電子輸送層にTY E-704層を膜厚30nmと、A1/LiF電極とが順次形成された構成とした。真空 蒸着装置内の圧力とガラス基板33の温度は、圧力が1.33×10^{一 4} Pa、ガラス基 板の温度は室温とした。

[0047]

次に、第1~第3実施例及び比較例の有機EL素子について、電流密度が50mA/c m²における発光効率を調べた。

[0048]

図 9 は、電流密度が 5 0 m A / c m 2 における有機 E L 案子の発光輝度を示した図であ る。図 9 に示すように、第 1 実施例の有機EL繋子が 3 8 0 0 c d / m 2 、第 2 実施例の 有機 F 1. 素子が3900cd/m²、第3実施例の有機 15 1. 素子が4010cd/m²で あり、比較例の有機EL案子の発光輝度が3100cd/m゚と比較して高い結果となっ

[0049]

第1~第3実施例によれば、発光層とその陽極側に形成されたキャリア輸送層との積層 の組が多いほど発光輝度が高く、すなわち発光効率が高いことが分かった。

[0050]

(第2の実施の形態)

図10は、第2の実施の形態の有機EL素子の断面図である。図10に示すように、有 機EL浜子40は、ガラス基板33上に、陽極34と、正孔注入層35と、正孔輸送層4 1と、第1の発光層37Aと、第1のキャリア輸送層42Aと、第2の発光層37Bと、 第 2 のキャリア 輸送層 4 2 B と、フッ化リチウム膜が膜厚 0 . 5 nm及びAl膜が膜厚 1 0 0 n in からなる陰極 3 9 とを順次形成された構成となっている。第1,第2のキャリア 輸送層42A,42Bは、第1,第2の発光層37A,37Bよりもイオン化ポテンシャ ルIpが大きく、かつ、エネルギーギャップEgが大きい。

[0051]

第1、第2のキャリア輸送層42A,42Bは、電子、正孔の輸送能力の高い材料によ

(24)

JP W02004/060027 A1 2004.7.15

り構成され、例えば、TYE-704(東洋インキ社製)やAlag(東洋インキ社製) などを用いることができる。第1,第2のキャリア輸送層42A,42Bの膜厚は、1n m~100nmの範囲に設定され、有機EL素子を構成する層の数と有機EL素子全体の 厚さに応じて適宜選択される。

[0052]

第1、第2の発光層37A,37Bは、所認の発光色を発光するための材料、例えば有 機蛍光体が含まれており、例えば、TYG-201(東洋インキ社製)を用いることがで きる。第1,第2の発光層37A,37Bの膜厚は、1nm~100nmの範囲に設定さ れ、前記キャリア輸送層と同様に適宜厚さが選択される。

[0053]

上記存機Eし素子40の各層は、例えば、真空蒸着法により圧力を1.33×10~4 Pa、ガラス基板33温度を室温にして形成される。

[0054]

図11は、第2の実施の形態の有機EL素子のエネルギーダイアグラムを示した図であ る。図し1に示すように、第1発光層37Aの陰極39側に、第1のキャリア輸送層42 Aが形成され、第2発光層37Bの陰極39側に、第2のキャリア輸送層42Bが形成さ れている。第1の発光層37A、第2の発光層37B、第1のキャリア輸送暦42A、第 2のキャリア輸送層42Bのイオン化ポテンシャルをそれぞれ、「pgィд、「paィB Ір4 2 ∧ 、Ір4 2 в とし、第1の発光層37A、第2の発光層37B、第1のキャ リア輸送層42A、第2のキャリア輸送層42Bのエネルギーギャップをそれぞれ、EB з л д 、 E g з л в 、 E g 4 2 д 、 E g 4 2 в とすると、第 1 の発光層 3 7 д と 第 1 のキ ャリア輸送層42Aとの関係は、Ips7A < Ip42A, Eg37A < Eg42A、第 2の発光層37Bと第2のキャリア輸送層42Bとの関係は、Ipgzn<Ip42n. Eggrack<EgggBに設定されている。したがって、図11に示した有機EL素子は 、第1の発光層37A/第1のキャリア輸送層42Aと、第2の発光層37B/第2のキ ャリア輸送層42Bとを有しており、発光層/キャリア輸送層からなる積層構造が2層形 成されている。

[0035]

正孔の流れについて説明する。正孔は、陽極34から陰極39に向かって正孔注入層3 5と正孔輸送層41を通り第1の発光層37Aに達する。ここで、正孔は電子と再結合す るが、再結合しなかった正孔は、第1の発光層37Aから陰極39側の第1のキャリア輸 送層42Aに流れようとする。しかし、第1の発光層37Aと第1のキャリア輸送層42 Aとの界面には、エネルギー障壁BH-Aが形成されている。エネルギー障壁BH-Aの 高さEunnnaは、第1のキャリア輸送層42Aのイオン化ポテンシャルIp42Aと第 1の発光層37Aのイオン化ポテンシャルIp3ヵAとの差、すなわちEnu-A=Ip 4 2 A — I p 3 7 A である。 I p 4 2 A > I p 3 7 A に設定されているので E R H = A > O である。したがって、正孔は第 1 の発光層 3 7 A に蓄積され、正孔密度が増加するため 第1の発光層37Aでの発光効率を向上することができる。さらに、エネルギー瞬鑒BH Aは、0、1eVより大きい方が好ましい。

[0056]

また、第1の発光層37Aの正孔密度が増加すると、第1のキャリア輸送層42Aの第 1の発光層37Aとの界面においても、空間正孔密度の増加により正孔と電子が再結合す る確率が高まる。しかし、第1のキャリア輸送層42AのエネルギーギャップEg4zA は、第1の発光層37AのエネルギーギャップEga7Aよりも大きいので、第1のキャ リア輸送層42Aでの再結合が抑制される。

[0057]

次に、第1の発光層37Aで再結合せずに、陰極39側に流れる正孔は上述した第1の 発光層37Aでの正孔の蓄積と間様に、第2の発光層37Bにおいても蓄積される。すな わち、第2の発光層37Bと第1のキャリア輸送層42Bとの界面にはエネルギー障壁B HIBが形成されている。エネルギー障壁BHIBの高さERn_aは、第2のキャリア

(25)

JP W02004/060027 A1 2004.7,15

輸送層 42Bのイオン化ポテンシャル I p_{42B} と第2の発光層 37Bのイオン化ポテンシャル I p_{37B} との差、すなわち $E_{BH-B}=I$ $p_{42B}-I$ p_{37B} である。 I p_{42B} p_{37B} に設定されているので $E_{BH-B}>0$ である。 したがって、正孔は第2の発光層 37B に 蓄積され、正孔密度が増加するため第2の発光層 37B での発光効率を向上することができる。さらに、エネルギー障壁 BH-B は、0.1eV より大きい方が好ましい。

[0058]

[0059]

本実施の形態によれば、上述した有機EL素子は、キャリア輸送層発光層からなる積層構造を2層形成しているため、キャリア輸送層/発光層の界面に2つのエネルギー障壁BH-Aにより正孔は第1の発光層37Aで解発 BH-Aにより正孔は第1の発光層37Aでの発光効率が向上すると共に、第1の発光層37Aでの発光効率が向上すると共に、第1の発光層37Aで電子と再結合せずに陰極39側に流れた正孔は、エネルギー障壁BH-Bにより第2の発光層37Bに蓄積され、電子と再結合するので第2の発光層37Bの発光効率も向上し、有機EL素子全体の発光効率を向上することができる。なお、キャリア輸送層/発光層からなる積層構造をさらに形成して、エネルギー障壁の数を増加させることにより、さらに有機EL素子全体の発光効率を向上することができる。

[0060]

[第4実施例]

第4 返施例の有機 E L 素子を以下のようにして作成した。ガラス 基板 3 3 上に、真空 蒸 着法を用いて 陽極 3 4 に 1 T 0 電極と、正孔注入層 3 5 に 2 ー T N A T A 層を 膜厚 5 0 n m と、 正孔輸送層 4 1 に α ー N P D 層を 膜厚 1 0 n m と、 第 1 の 発光層 3 7 A に 第 1 の ノンドープ型の 緑色発光する T Y G ー 2 0 1 層を 膜厚 2 0 n m と、 第 1 の キャリア 輸送層 4 2 A に T Y E ー 7 0 4 層を 膜厚 3 0 n m と、 第 2 の 発光層 3 7 B に 第 2 の ノンドープ型の 緑色発光する T Y G ー 2 0 1 層を 膜厚 2 0 n m と、 第 2 の キャリア 輸送層 4 2 B に T Y E ー 7 0 4 層を 膜厚 3 0 n m と、 陰極 3 9 に フッ化リチウム 膜が 膜厚 0 . 5 n m と A 1 膜が 膜厚 1 0 0 n m からなる A 1 / L i F 積層 膜を 順次形成 した。

[0061]

図12は、第4実施例に用いた層の電子親和力Ea、イオン化ポテンシャルIp及びエネルギーギャップEgの関係を示した図である。なお、イオン化ポテンシャルIp及びエネルギーギャップEgの測定は実施例1に示した方法を用いて求めた。また、αーNPDは図7に示したEa、Eg、Ipを有する。

[0062]

図12に示すように、第1及び第2の発光層37A、37Bに用いたTYG-201層のイオン化ポテンシャルIpは5.60eVであり、第1及び第2のキャリア輸送層に用いたTYE-704層のイオン化ポテンシャルIpは5.73eVである。TYE-704層とTYG-201層のイオン化ポテンシャルIpの差により、第1の発光層37Aと第1のキャリア輸送層42Aの界面と、第2の発光層37Bと第2のキャリア輸送層42Bの界面に、それぞれ0.13eVの大きさのエネルギー障骸が形成された。

[0063]

エネルギー障壁により第1及び第2の発光層37A、37Bに用いたTYG-201層に正孔が蓄積されて正孔密度が増加し、電子と内結合する正孔が増加して、第1及び第2の発光層37A、37Bの発光効率を向上させることができる。さらに、第1及び第2のキャリア輸送層42A、42Bに用いたTYE-704層のエネルギーギャップEg2、76cVは、第1及び第2の発光層37A、37Bに用いたTYG-201層のエネルギーギャップEg2、40eVよりも大きいため、第1及び第2の発光層37A、37Bでの正孔と電子の再結合する確率が増加し、第1及び第2の発光層37A、37Bに用いた

(26)

JP WD2004/060027 A1 2004.7, 15

TYG-201層の発光効率を向上させることができる。

[0064]

(第3の実施の形態)

図13は、本発明の第3の実施の形態の有機エレクトロルミネッセンスディスプレイ(有機ELディスプレイ)の概要構成を示した斜視図である。

[0065]

図13に示すように、有機ELディスプレイ60は、ガラス基板33上に陰極39であ るA1/LiF電極と、腸極34であるITO電極とが直交するように形成され、その問 に第1又は第2の実施の形態の有機EL素子を構成する積層体51が形成された構成とな っている。有機ELディスプレイ60の発光は、発光させたい発光層の領域のITO電極 とA1/LiF電極をそれぞれ指定して電圧を印加して行なう。有機ELディスプレイ6 0 を上記構成としたことで、発光効率を向上することができる。

[0066]

以上、本発明の好ましい実施の形態について詳述したが、本発明はかかる特定の実施の 形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲内に記載された本発明の記載範囲内にお いて、種々の変形・変更が可能である。

[0067]

例えば、第1の実施の形態と第2の実施の形態を組み合わせることもできる。

【産業上の利用可能性】

[0068]

本発明によれば、発光層の陽極側に、発光層の電子親和力 E a _{E M L} より<u>小さな</u>電子類 和川Eaol1を有するキャリア輸送層を形成することにより、電子が発光層からキャリ ア輸送履へ向かう界面にエネルギー障壁が形成され、発光層に電子が蓄積され、空間電子 密度が増加するので、正孔と再結合する電子が増加して、発光層での発光効率を向上させ ることが可能となった。

【手続補正2】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、

前記発光層の陽極側に接するように形成されたキャリア輸送層とを備えた有機エレクト ロルミネッセンス素子であって、

前記狢光層の電子親和力EaEMLと前記キャリア輸送層の電子親和力Eaot!との 関係が、Ea_{EML}>Ea_{OLI}であ<u>り、かつ、</u>

前記発光層のイオ<u>ン化ポテンシャルIpiml と前記キャリア輸送層のイオン化ポテン</u> <u>シャル【poki との関係が、Ipemt >Ipot; であ</u>ることを特徴とする有機エレ クトロルミネッセンス素子。

【請求項2】

前記従光層と、

前記発光層と接するように形成された前記キャリア輸送層との組が複数形成されている ことを特徴とする請求項1に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

前記キャリア輸送層の材料には、αNPDを用いることを特徴とする請求項1に記載の 有機エレクトロルミネッセンス素子。

【湖水頂4】

前記発光層のエネルギーギャップEg_{m ML} と前記キャリア輸送層のエネルギーギャッ プEgoniとの関係が、EggmL<Egonlであることを特徴とする請求項1に記 (27)

JP W02004/060027 A1 2004.7.15

載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項5】

互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、

前記発光層の陰極側に接するように形成されたキャリア輸送層とを備えた有機エレクト ロルミネッセンス素子であって、

前記発光層のイオン化ポテンシャルIpggょと前記キャリア輸送層のイオン化ポテン シャル1pol2との関係が、IpmmL<Ipol2であ<u>り、かつ、</u>

<u>前記発光層の電子親和力をaょм」と前記キャリア輸送層の電子親和力をaut。との</u> 関係が、Earwi <Earle であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス **素子。**

【請求項6】

前記発光層と、

前記発光層と接するように形成された前記キャリア輸送層との組が複数形成されている ことを特徴とする請求項5に記載の有機エレクトロルミネッセンス蒸了。

【請求項7】

前記キャリア輸送層の材料は、Alaaを用いることを特徴とする請求項5に記載の有 機エレクトロルミネッセンス案子。

【請求項8】

前記発光層のエネルギーギャップEgmm1と前記キャリア輸送層Eg゚゚゚゚ との関係が 、Egmm L<Egの1.2 であることを特徴とする請求項5に記載の有機エレクトロルミネ ッセンス素子。

【請求項9】

互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、

前記発光層の陽極側に接するように形成された第1のキャリア輸送層と、

前記発光層の陰極側に接するように形成された第2のキャリア輸送層とを備えた有機エ レクトロルミネッセンス素子であって、

前記後光層の電子親和力Eamm」と前記第1のキャリア輸送層の電子親和力EaoL , との関係が、Eaeм L >EaoL」であり、かつ、前記発光層のイオン化ポテンシャ ル І р к м ц と前記第2のキャリア輸送層のイオン化ポテンシャル І р о ц 2 との関係が、 IPEML<IPOL2であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項10】

前記発光層と、

前記発光層と接するように形成された前記キャリア輸送層との組が複数形成されている ことを特徴とする請求項9に記載の有機エレクトロルミネッセンス案子。

【謂求項11】

前記笼光層のエネルギーギャップEgmmlと、前記第1のキャリア輸送層のエネルギ ーギャップEgの11と、前記第2のキャリア輸送層のエネルギーギャップEgの12との関 係が、Egmm L <Egoli、 Egmm L <Egol2 であることを特徴とする請求項9に 記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項12】

互いに対向する陽極と陰極との間に形成された複数の発光層と、

前記発光層の陽極側に接するように形成されたキャリア輸送層とを有する有機エレクト ロルミネッセンス素子を備えた有機エレクトロルミネッセンスディスプレイであって、

前記発光層の電子親和力EakMLと前記キャリア輸送層の電子親和力Eaotiとの 関係が、EazML>EaoLı であ<u>り、かつ、</u>

<u>シャルIpotiとの関係が、Ipxwょ>Ipotiであ</u>ることを特徴とする有機エレ クトロルミネッセンスディスプレイ。

【請求項13】

互いに対向する陽極と陰極との問に形成された複数の発光層と、

(28) JP W02004/060027 A1 2004.7.15

前記発光層の陽極側に接するように形成された第1のキャリア輸送層と、 前記発光層の陰極側に接するように形成された第2のキャリア輸送層とを有する有機工 レクトロルミネッセンス素子を備えた有機エレクトロルミネッセンスディスプレイであっ τ、

前記發光層の電子親和力臣ammlと前記第1のキャリア輸送層の電子親和力EaoL 」との関係が、Earmi>Eaoii」であり、かつ、前記発光層のイオン化ポテンシャ ル Ірги д と前記第2のキャリア輸送層のイオン化ポテンシャル Іриі д との関係が、 IpgMl < Ipol 2 であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンスディスプ レイ。

(29) JP W02004/060027 A1 2004.7.15

【国際調査報告】

		ı	•			
	INTERNATIONAL SEARCH REPOR	T.	international appl			
			PCT/JP	02/13546		
A. CLASS Int.	A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ H05B39/22, H05B93/14					
<u> </u>	o Internetional Putent Classification (IPC) or to both nut	tional classification a	nd IPC			
	SEARCHED		a lab			
	ocupanistica रुक्टच्चेच्यं (बंब्ब्बाइट्यांठा कुरवार followed b Cl H05B33/00~33/28	À cimuninomen shirr	ujaj			
Jita Koka	ion searched other than minimum documentation to the tyo Shinan Koho 1922-1,996 Ultsuyo Shinan Koho 1971-2003	Jitsuyo Shina Toroku Jitsuy	n Toroku Koh o Shinan Koh	1996-2003 1994-2003		
	ata base consulted during the international search (name	of data buse and, wh	ecro practicable, sea	ch terms used)		
Category*	Citation of document, with indication, where app	propriete, of the relev	ent pessaged	Relevant to claim No.		
X	JP 6-36877 A (Toshiba Corp.), 10 February, 1994 (10.02.94), Page 4, column 5, line 41 to page 6, column 10, line 14 to line 12; Figs. 7, 8, 12, 13 a JP 5-326146 A a EP a US 5343050 A	column 6, 1	ine 39; Lumn 11,	1-13 ,		
Y	JP 5-326146 A (Toshiba Corp.) 10 December, 1993 (10.12.93), Claim 5; page 10, column 18, column 23, line 12; page 26, page 28, column 54, line 14; £ JP 6-36877 A £ EP 4 US 5349050 A	line 27 to g	line 49 to	1-13		
				•		
× Furth	or documents are listed in the continuation of Box C.	See patent fam				
Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the set which is not considered to be of general state of the set which is not considered to be of general state of the set when the considered to be of general state of our after the international filting date of set stabilish the publication date of another charten or other special reason (as specifical) and on a reflect that sho or other special reason (as specifical) "O" document referring to an oral disclositive, title, exhibition or other means advanced published prior to like international filting date but later the international filting date but later the published prior to like international filting date to remain decument published arter the international filting date or priority date and intern						
04 F	Date of the actual completion of the international search 04 February, 2003 (04.02.03) Date of intelling of the international search report 18 February, 2003 (18.02.03) Name and mailing address of the ISA/ Authorized officer					
Japa	Japanese Patent Office					
Passimile N						
Form PCT/	ISA/210 (second sheet) (July 1998)		-			

(30)

JP W02004/060027 A1 2004.7.15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT International application No. PCT/JP02/13546 C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT Category* Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages Relevant to claim No. JP 2000-30868 A (Sharp Corp.), 28 January, 2000 (28.01.00), Full text; all drawings (Family: none) 1-13

Form PCT/ISA/210 (continuation of secund sheet) (July 1998)

(31) JP W02004/060027 A1 2004.7.15

	国族調査報告	国際出題番号 PCT/JP0	2/13546
A. 発明の	関する分野の分類(国際特許分類(IPC))	•	
. Int.	C1' H05B 33/22, H05B	8 3/14	
日. 国産を	すった分野		
	永小阪資料(国際特許分類(IPC))	-	
Int:	C17 H05B 88/00-\$8/28		
日本国实 日本国实 日本国实	4の費料で限査を行った分野に含まれるもの 用新家公領 1922-1996年 関選用新銀公報 1971-2003年 用新家登録公報 1996-2003年 1994-2003年 1994-2003年	型本沙萨因 本母庫	· .
(Marchaelle, Che)	a Cichary - y - x (y - y - x x x x x x x x x x x x x x x x	DESCRIPTION OF THE PROPERTY OF	
	さと認められる文献	-	
引用文献の カテゴリー*	 引用文献名_及び一部の箇所が関連すると	ときは、その間直する箇所の表示	関連する 関連する
Y	JP 6-36877 A(株式会 1994.02.10, 第4頁5欄41行一第4頁6欄39行, 第6頁10欄14行一第7頁11欄12行, 金JP 5-326146 A &EP 558950 A &US	第7, 8図, 第12、13図	1-13
区 C個の統領	きたも文献が別落されている。	□ パテントファミリーに関する別	」紙を参照。
もの 「E」函際出版 以後に2 「L」優先権当 日幣しく 文献(3 「Q」口頭によ	のカテゴリー 家のある文献ではなく、一般的技術水準を示す 両月前の出願または特件であるが、国際出願日 を定されたもの と変されたもの に要に受験を提起する文献又は他の文献の発行 は他の特別な理由を確立するために引用する 国のを付す) はる限示、使用、歴示等に言及する文献 員日前で、かつ極先播の恋張の基礎となる出顧	の日の後に公表された文献 「T」国際出版日又は領先日後に公表: 出資と多層するものではなく、の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、 の新規性又は造学性がないと対: 「Y」特に関連のある文献であって、 上の文献との、当業者にとって よって造学性がないと考えられ。 「&」同一パテントファミリー文献	発明の原理又は理論 当該文献のみで発用 えられるもの 当該文献と他の1以 自明である組合せに
国際調査を完了	「した日 04.02.03	国際開催報告の発送日 18.02	2.03
日本自	2名承及びあて先 1時許庁(ISA/JP) 5便番号100-8915 5千代田区蔵が関三丁月4番8号	特許庁審査官(権限のある環員) 今間 雅子 電話番号 03-3581-1101	9X 9529 内線 3371

模式PCT/ISA/210 (第2ページ) (1998年7月)

(32) JP W02004/060027 A1 2004.7.15

	回際開 業報告	2/13548			
C (継ぎ). 引用文献の	関連すると認められる文献				
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の修飾が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号			
¥	JP 5-326146 A(株式会社東芝) 1993.12.10, 請求項5,第10頁18欄27行-第13頁23欄12行, 第26頁50欄49行-第28頁54欄14行。第30図-第32図 &JP 6-36877 A &EP 553950 A &US 5343050 A	1-13			
¥	JP 2000-30868 A (シャープ株式会社) 2000.01.28,全文,全図 (ファミリーなし)	1-19			
,					
	·				

後式PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (1998年7月)

(33) JP W02004/060027 A1 2004.7.15

フロントページの続き

(72)発明者 板井 雄一郎

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(72)発明者 中川 昌哉

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富上道株式会社内

(72)発明者 児玉 淳

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 3K007 AB02 AB03 AB04 DA06 DB03

(注) この公表は、国際事務局 (WIPO) により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に 係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法 第48条の13第2項)により生するものであり、本掲載とは関係ありません。